



Universidade de Santiago de Compostela

Facultade de Ciencias da Educación

Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais

**COMPETENCIAS E PRÁCTICAS CIENTÍFICAS
NO LABORATORIO DE QUÍMICA:
PARTICIPACIÓN DO ALUMNADO DE
SECUNDARIA NA INDAGACIÓN**

TESE DE DOUTORAMENTO

Autora: **Beatriz Crujeiras Pérez**

Directora: **María Pilar Jiménez Aleixandre**

Santiago de Compostela, setembro de 2014





Universidade de Santiago de Compostela

Facultade de Ciencias da Educación

Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais

A doutora María Pilar Jiménez Aleixandre, Catedrática de Didáctica das Ciencias Experimentais da Universidade de Santiago de Compostela FAI CONSTAR

Que o traballo de investigación que se recolle na memoria titulada:

Competencias e prácticas científicas no laboratorio de química: participación do alumnado de secundaria na indagación, desenvolvido dentro dos proxectos do Ministerio de Educación, Ciencia e Innovación: El desarrollo de las competencias científicas: progresión de los componentes de la práctica y del metaconocimiento (código EDU2009-13890-C02-01) e do Ministerio de Economía e Competitividade: progresiones de aprendizaje en las competencias y prácticas científicas: contextualización de modelos, uso de pruebas e indagación científica (código EDU2012-38022-C02-01), e que se inscribe na mención internacional no título de doutoramento

foi realizado baixo a miña dirección pola licenciada D^a Beatriz Crujeiras Pérez no Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais da Universidade de Santiago de Compostela,

AUTORIZA a súa presentación como Tese de Doutoramento para a obtención do grao de doutora por parte da interesada.

Santiago de Compostela, 15 de setembro de 2014

Asdo: María Pilar Jiménez Aleixandre



AGRADECEMENTOS

Quero expresar o meu agradecemento a todas as persoas e institucións que me axudaron ao longo deste proceso.

En primeiro lugar ao Ministerio de Economía e Competitividade quen financiou a bolsa FPI que me permitiu realizar esta investigación e grazas ao cal formei parte dos proxectos “El desarrollo de las competencias científicas: progresión de los componentes de la práctica y del metaconocimiento” (código EDU2009- 13890-C02-01) e “Progresiones de aprendizaje en las competencias y prácticas científicas: contextualización de modelos, uso de pruebas e indagación científica” (código EDU2012-38022-C02-01).

En segundo lugar á miña directora da tese, María Pilar Jiménez Aleixandre, por guiarme e apoiarme ao longo deste proceso, así como por saber transmitirme os coñecementos necesarios para levar a cabo a investigación.

A todos os membros do departamento de didáctica das ciencias experimentais, en especial a Juan Ramón Gallástegui pola súa axuda na preparación da secuencia de actividades da tese e na toma de datos e a Joaquín Díaz por axudarme a ser mellor docente e investigadora.

Ao grupo Promesas de Didáctica, por ser un gran apoio tanto nos congresos como no día a día da etapa de tese, sen dúbida compartir as experiencias “doutorais” convosco fixo que o proceso fose menos complicado.

A Sibel Erduran e Rosària Justi polos coñecementos compartidos durante a estadía en Bristol e procurar que esta fose o máis agradable posible.

E por último e non menos importante, á miña familia e a Fermín por apoiarme en todas as etapas tanto da tese como da vida.



ÍNDICE

SUMMARY	11
I FUNDAMENTACIÓN.....	25
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	27
1.1 Prácticas e competencias científicas	27
1.2 Obxectivos da investigación e relevancia do estudo.....	31
1.3 Organización da tese	33
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	37
2.1 Introducción	37
2.2 Prácticas epistémicas e científicas	38
2.2.1 Teoría Sociocultural de Aprendizaxe.....	40
2.2.2 Prácticas epistémicas.....	42
2.2.3 Participar nas prácticas da comunidade científica	48
2.3 Competencias	52
2.3.1 Antecedentes	52
2.3.2 Competencia científica.....	55
2.3.3 Competencia científica no currículo e na aula de secundaria	59
2.3.4. Competencia en identificar e investigar cuestións científicas.....	64
2.4 Indagación no laboratorio	66
2.4.1 Antecedentes: Incorporación da indagación aos curricula de ciencias	67
2.4.2 Ensino e aprendizaxe a través da indagación.....	70
2.4.3 A indagación a través dos traballos prácticos de laboratorio.....	73
2.4.4 Dificultades para a introdución da indagación na aula	77
2.5 Desenvolvemento da aprendizaxe autónoma e control.....	80
2.5.1 Aprendizaxe autónoma: transferencia de responsabilidade	81
2.5.2 Autorregulación da aprendizaxe	85
CAPÍTULO 3 METODOLOXÍA	89
3.1 Introducción	89
3.2 Obxectivos do estudo	89
3.3 Investigación cualitativa: estudos de caso e estudos lonxitudinais.....	91
3.3.1 Estudo de caso.....	92
3.3.2 Estudo lonxitudinal	94
3.4 Análise do discurso	95
3.5 Deseño da investigación e da secuencia de actividades.....	97
3.5.1 Deseño da investigación.....	97
3.5.2 Secuencia de actividades.....	98
3.6 Contexto e participantes	101
3.7 Toma de datos	102
3.8 Ferramentas de análise	104

3.9 Validez e fiabilidade nos estudos cualitativos	105
3.10 Consideracións éticas	105
3.11 Limitacións metodolóxicas do estudo	106
II RESULTADOS.....	109
CAPÍTULO 4 ESTUDO PRELIMINAR. CONTEXTUALIZACIÓN: COMO EVITAR QUE ESCUREZAN AS MAZÁS CORTADAS?	111
4.1 Introducción: obxectivos e interese do estudo	111
4.2 Metodoloxía.....	112
4.2.1 Participantes, contexto e tarefa	112
4.2.2 Modelo de referencia para a resolución da actividade	113
4.2.3 Ferramentas de análise.....	115
4.3 Análise das operacións de contextualización	116
4.4 Discusión dos resultados	133
4.5 Conclusións e implicacións para o deseño do estudo lonxitudinal	139
CAPÍTULO 5 DESEÑO DO ESTUDO PRINCIPAL	143
5.1 Introducción.....	143
5.2 Principios de deseño	144
5.3 Secuencia de actividades	146
5.4 Descrición das tarefas da secuencia.....	150
CAPÍTULO 6 OPERACIÓNS EPISTÉMICAS DO ALUMNADO NO DESEÑO E POSTA EN PRÁCTICA DE INVESTIGACIÓN	169
6.1 Introducción.....	169
6.2 Operacións epistémicas demandadas nas tarefas.....	171
6.3 Ferramentas de análise: Rúbrica de análise das operacións epistémicas... 172	
6.3.1 Proceso de elaboración da rúbrica	172
6.4 Operacións epistémicas do alumnado ao longo do estudo lonxitudinal.... 180	
6.4.1 Operacións de produción de coñecemento: planificación da investigación.....	181
6.4.2 Operacións de produción de coñecemento: posta en práctica da investigación.....	186
6.4.3 Operacións de avaliación de coñecemento: planificación da investigación.....	190
6.4.4 Operacións de avaliación de coñecemento: posta en práctica da investigación.....	197
6.4.5 Operacións de comunicación de coñecemento: planificación da investigación.....	204
6.4.6 Operacións de comunicación de coñecemento: posta en práctica da investigación.....	208
6.4.7 Comparación dos desempeños entre os grupos	212
6.5. Discusión de resultados e conclusións parciais	231
CAPÍTULO 7 EVOLUCIÓN DOS DESEMPEÑOS PROPOSTA E POSTA EN PRÁCTICA DE DESEÑO	237
7.1 Introducción.....	237
7.2 Ferramentas de análise.....	238

7.3	Análise dos desempeños ao longo do estudo	239
7.3.1	Proposta de deseño	239
7.3.2	Posta en práctica do deseño.....	245
7.3.3	Comparación dos desempeños do alumnado en ambas operacións ...	250
7.4	Desempeños nas operacións proposta de deseño e posta en práctica ao longo do estudo	252
7.4.1	Proposta de deseño na tarefa 1	253
7.4.2	Proposta de deseño na tarefa 2	256
7.4.3	Proposta de deseño na tarefa 3	259
7.4.4	Proposta de deseño na tarefa 4	262
7.4.5	Proposta de deseño na tarefa 5	266
7.5	Evolución do alumnado no desempeño proposta de deseño	269
7.6	Discusión de resultados e conclusións parciais.....	273
CAPÍTULO 8 CONTROL DO DESEMPEÑO E DOS RESULTADOS ANÓMALOS		277
8.1	Introdución	277
8.2	Deseño das ferramentas de análise.....	280
8.2.1	Proceso de elaboración da rúbrica.....	280
8.2.2	Dimensións e categorías da rúbrica.....	281
8.3	Análise da interpretación de resultados anómalos	284
8.4	Evolución na interpretación e regulación de resultados anómalos	305
8.5	Discusión de resultados e conclusións parciais.....	309
8.6	A modo de síntese: evolución do alumnado ao longo do estudo	314
8.6.1	Evolución dos desempeños nas tarefas de laboratorio.....	314
8.6.2	Transferencia de coñecementos: proba de avaliación	315
CAPÍTULO 9 ESTRATEXIAS DOCENTES QUE PERMITEN O DESENVOLVEMENTO DA COMPETENCIA CIENTÍFICA E A PARTICIPACIÓN NAS PRÁCTICAS CIENTÍFICAS		321
9.1	Introdución	321
9.2	Contexto e ferramentas de análise.....	323
9.3	Operacións epistémicas no discurso do profesorado	326
9.3.1	Operacións de produción de coñecemento.....	327
9.3.2	Operacións de avaliación de coñecemento	331
9.3.3	Operacións de comunicación de coñecemento	334
9.3.4	Pautas que emerxen do estudo	335
9.4	Andamiaxe ao alumnado na participación nas prácticas científicas	337
9.5	Discusión de resultados e conclusións parciais.....	344
III CONCLUSIÓN E IMPLICACIÓNS EDUCATIVAS		349
CHAPTER 10 CONCLUSIONS AND EDUCATIONAL IMPLICATIONS		351
10.1	Introduction	351
10.2	Conclusions	352
10.3	Discussion and educational implications	357
10.4	Limitations and future lines of research.....	359
IV REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		363

ANEXOS.....	387
ANEXO 1 TAREFA ESTUDO PILOTO.....	388
ANEXO 2 TAREFAS DO ESTUDO LONXITUDINAL.....	389
ANEXO 3 TAREFAS DA PROBA DE AVALIACIÓN.....	406
ANEXO 4 PERMISOS UTILIZADOS NA TOMA DE DATOS.....	409



SUMMARY

The main goal of this thesis is to analyse secondary students' development of scientific competency in terms of their engagement in scientific practices through a 2-year longitudinal study in the chemistry laboratory. This study intends to contribute to the knowledge about the processes involved in students' planning of experiments and their interpretation of the results derived from the performed experiments and about how students progress in their performances.

This study is framed in a perspective that considers epistemic goals as belonging to science learning goals (Duschl & Jiménez-Aleixandre, 2012). In this approach, science is developed in complex contexts in which cognitive, epistemic and social practices interact. It comes from a shift in the interests in science education research in the last decades, from studying products of learning to studying the processes and practices students engage in during the learning process (Duschl & Grandy, 2013; Jiménez-Aleixandre, 2012; Millar & Wynne, 1988).

The research objectives are:

1. To examine students' development of scientific competency through their engagement in the scientific practices of planning and carrying out investigations and analysing and interpreting data along the longitudinal laboratory inquiry study.

This objective is explored through four research questions (RQ):

RQ1. What type of epistemic operations do students perform when engaging in the practices of planning and carrying out investigations and analysing and interpreting data?

RQ2. How do students perform the two operations of knowledge production “proposing design” and “carrying out design”?

RQ3. Which patterns of evolution appear in students' designs along the study?

RQ4. How do students interpret anomalous results, regulate the anomalies, and draw conclusions?

2. To identify a repertoire of teaching strategies that promote students' engagement in scientific practices.

This objective is explored through two research questions:

RQ5. Which epistemic operations do teachers promote in their teaching practice?

RQ 6. What kind of support related to the transfer of responsibility do teachers prompt during the design and implementation of investigations in the laboratory?

Theoretical framework

The study is framed in three bodies of knowledge: 1) scientific and epistemic practices; 2) scientific competency; and 3) laboratory inquiry.

Scientific and epistemic practices related to knowledge production, evaluation and communication

Some recommendations from both science education research (e.g. Duschl & Grandy, 2013; Kelly, 2008a) and recent policy documents (NRC, 2012) propose to teach science through students' engagement in both practices and knowledge.

The notion of practices moves from viewing science as a set of processes to emphasizing also the social interaction and discourse that accompany the building of scientific knowledge in classrooms (Reiser, Berland & Kenyon, 2012).

The perspective of learning science through engagement in scientific practices is framed in the socio-cultural theory (Vygotsky, 1979), which considers that learning takes place through social interaction. In this theory, knowledge is conceived as an interaction process between an individual and his physical, social and cultural environment. This conception is translated to science education by Kelly, Carlsen and Cunningham (1993), who introduced a new research line framed in socio-cultural perspective that analyses classroom discourse using tools from linguistics. In this frame, scientific knowledge is considered to be construed, validated and communicated through culture and scientific institutions (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). Kelly (2008a) points out that students' access to science is accomplished through engagement in the social and symbolic

worlds comprising knowledge and practices of specialized communities. This approach involves a new way of exploring students' knowledge and beliefs, through studying their engagement in epistemic practices related to the scientific activity. This author defines epistemic practices as a patterned set of actions, typically performed by members of a group based on common purposes and expectations, with shared cultural values, tools and meanings (Kelly, 2008a, pp. 99-100). The practices involve doing the work of building knowledge in science and understanding why we build, test, evaluate and refine knowledge as we do (Reiser, Berland & Kenyon, 2012).

The eight scientific practices proposed by NRC (2012), based on the analysis of the work of professional scientists are:

- 1) Asking questions and defining problems
- 2) Developing and using models
- 3) Planning and carrying out investigations
- 4) Analysing and interpreting data
- 5) Using mathematics and computational thinking
- 6) Constructing explanations and designing solutions
- 7) Engaging in argument from evidence
- 8) Obtaining, evaluating and communicating information

In this thesis we focus on the practices 3) planning and carrying out investigations and 4) analysing and interpreting data. Although these practices are not explicitly included in European curricula, they are related to scientific competency, which is the backbone of the Spanish curriculum for science (MEC, 2007).

Scientific competency

The final goal of schooling is the preparation of learners for effective functioning in out of school settings. This entails the acquisition of knowledge, skills and competencies that can be transferred to real-life situations (EU, 2002).

Scientific competency is characterized as the ability to put into practice knowledge, skills and attitudes in different contexts and situations (MEC, 2007).

The acquisition of scientific competency involves the development of three dimensions (OCDE, 2013):

- 1) Explaining phenomena scientifically
- 2) Evaluating and designing scientific inquiry
- 3) Interpreting data and evidence scientifically

These three dimensions, characterized as scientific competencies, were selected due to their relationship to scientific practice and their connection to key skills such as inductive/deductive reasoning, critical thinking, transforming data to graphs, constructing explanations based on data, thinking in terms of models and using mathematics.

As Jiménez-Aleixandre, Bravo and Puig (2009) point out, these three competencies are interconnected, since for instance scientifically oriented questions can be explained using scientific models and scientific models can be evaluated using evidence.

This thesis focuses on the second dimension: evaluating and designing scientific inquiry, which corresponds to NRC practices of planning and carrying out investigations and analysing and interpreting data.

Laboratory inquiry

Scientific practices can be developed through inquiry processes and laboratory settings may provide an appropriate environment for developing them, or for promoting students' learning of science and scientific inquiry (Högstrom, Ötander & Benckert, 2010).

Scientific inquiry is a core dimension in science teaching and learning, first because it makes part of scientific practices, in other words of the practices of the scientific community, second because it requires students to use their theoretical knowledge in order to address practical problems. Engaging students in scientific inquiry means engaging them in the reasoning and discursive practices of scientists, and not necessarily in the exact activities of professional scientists (Reiser et al., 2001). This practice improves students' abilities to ask appropriate questions, design procedures, and draw conclusions (Cuevas et al., 2005). Lee and Songer (2003) point out that authentic science activities are important in the

promotion of inquiry because they provide natural problem-solving contexts with high degrees of complexity.

Nevertheless, enacting inquiry practices in science classrooms is not an easy task. Students' difficulties in conducting inquiry have been documented in the literature, such as problems in formulating appropriate research questions and plans to investigate them (Krajcik et al., 1998), or in designing experiments and interpreting results (Zimmerman, 2000). Many standard laboratory activities are limited to observation and experimentation, maybe due to the difficulties that some teachers encounter in teaching through inquiry. Fensham (2009) points out that teachers' reluctance about inquiry-based teaching could be due to their backgrounds being grounded in academic science and not in their areas of application, and to the lack of experience in scientific research or in investigations about real world problems. Capps, Crawford and Constatas (2012) also highlight time constraints and lack of understanding about what inquiry is. These authors suggested that the key to change is in providing innovative science teacher education for both pre-service and in-service teachers. Crawford (2007) points out that enacting teaching science as inquiry requires that teachers develop approaches that situate learning in authentic problems.

In the light of these difficulties, this study pretends to contribute to the understanding of how students engage in inquiry, by distinguishing a set of practices that make part of inquiry, and to identify a repertoire of teaching strategies that promote students' engagement in these practices and in the process of inquiry.

Methodology, educational context and laboratory sequence

The methodology is qualitative and framed in the approaches of case and longitudinal studies, in particular we develop a longitudinal study. The examination of data is framed in discourse analysis, drawing from Gee (2005) for the characterization of episodes and units in classroom discourse.

The participants in the main study are 21 students in the 9th grade attending physics and chemistry classes in a rural high school, that were reduced to 10 students in 10th grade. Science is compulsory in 9th grade but optional in the 10th,

which accounts for the loss of students. There is only one class in each grade, which makes possible a longitudinal study, otherwise quite difficult in Spanish secondary school. In the 9th grade there were five small groups (O, P, R, S, T) that were reduced to three, O', P' and T' in the 10th grade, which entailed some changes in the composition.

A set of five inquiry-based laboratory tasks was designed, tasks 1 and 2 in 9th grade and task 3, 4 and 5 in the 10th. Students were required to plan and carry out experiments in order to solve problems set in authentic contexts. Each laboratory task was carried out in two consecutive sessions, the first one devoted to design, and all required students to design and implement an investigation to solve a problem: which toothpaste was ineffective in preventing tooth decay (T1); how to separate mixed substances in a broken order (T2); which factory polluted a river water (T3); where to dispose safely of an unknown chemical residuum (T4); and who wrote an anonymous note (T5).

For the analysis regarding the two research objectives and their corresponding research questions, different rubrics have been developed in interaction between the literature and data. The process of developing each rubric consists of interpreting data, elaborating preliminary categories, applying them to part of the data and refining the categories in several iterative cycles (Strauss & Corbin, 1994).

Results

Epistemic operations performed along the study

The analysis of students' epistemic operations allows us to identify differences: a) among tasks; b) between phases; and c) among types of operations.

a) In task 1 knowledge production operations prevail in all groups, while in tasks 2 and 3 knowledge evaluation operations are the most frequent ones. In tasks 4 and 5 there are also differences but they depend on the group of students. In groups O/O' and P/P' production and evaluation operations appear in similar frequencies in task 4 while evaluation operations are the most frequent in task 5. In group T/T' production operations appear with higher frequencies in both tasks.

Furthermore, in the first tree tasks, frequencies are higher than in the last two tasks (4 and 5).

b) Regarding the differences in frequencies between inquiry phases (planning the investigation and implementing it), group O/O' performs more operations in the planning phase than in the implementation, while groups P/P' and T/T' carry out more in the implementation. Moreover, in group O/O' knowledge evaluation operations appear with higher frequency than the other two in the planning phase, while in the implementation production and evaluation operations appear in similar frequencies. In group P/P' similar frequencies of production and evaluation operations are identified in the planning phase while the three categories (production, evaluation and communication) appear with similar frequencies in the implementation phase. Finally in group T/T' the most frequent operations in the planning phase are those related to knowledge production while in the implementation production and evaluation appear with similar frequencies.

c) Regarding differences between the type of operations, the most frequent specific (characteristics from inquiry contexts) operations in all groups are those related to knowledge production while the most frequent general operations (common to all contexts: inquiry, modelling and argumentation) are those related to knowledge evaluation, except in group P/P' in which evaluation and communication appear in similar frequencies.

Students' performances regarding the operations "proposing and implementing design"

Differences in students' performances in the operations "proposing and implementing design" have been identified. There are performances, such as procedure in group O/O', that appear only in the proposal but not in the implementation operation, which means that students carry out different actions than those planned. Other performances such as measure are not considered in the planning but enacted in the implementation. This pattern has been identified in all groups in tasks 2, 3 and 4, in which they have to measure qualitative properties, as contrasted with quantitative properties.

Regarding the processes of planning the investigations, there are also differences among groups in all tasks, both in the order of appearance and in the type of performances, which are discussed in the full text.

Evolution in students' designs

Students' evolution in the performance of proposing designs is assessed in terms of a) adequacy for solving the task and b) the help received from the teacher to plan the design. In group O/O' the progress is identified from the firsts to the last tasks, as in tasks 4 and 5 both designs enable students' to solve the problem. In task 4 they receive help from the teacher but not in task 5. In group P/P' the evolution is found only in task 5, in which their proposal of design, planned without teacher help, enables them to solve the task. In group T/T' the progress appears gradually in tasks 4 and 5. In task 4 they receive help from the teacher to plan the design, although it does not enable them to solve the task completely, but only partially. However, in task 5 this group planned a valid design without teacher help.

Students' reactions to anomalous results

The dimensions analysed are four: a) occurrence and type of anomalous data; b) causes of the anomalous results; c) students' responses and ability to regulate the anomalies; and d) effect of the anomalous results in the students' conclusions.

a) Anomalous results occurred in 10 out of 15 cases (five tasks across three small groups) that is two thirds. In tasks T2 for group O there were two occurrences, so the total number of episodes was 11. There were two types of anomalous data: quantitative, as measures of magnitudes like time or volume, in five cases, and qualitative, related to testing physical or chemical properties in seven cases.

b) Four types of causes were identified: 1) *methodological errors*: as inadequate criteria of identification of the results of a test, or failure to apply the same criterion with different samples, in three cases; 2) *technical problems*: derived from lack of familiarity with techniques, such as testing conductivity in solids and liquids, in five cases; 3) *manipulative problems*: such as playing with

equipment during the experiences, or failing to adequately label the samples, in fifteen cases; *lack of accuracy*: actions related to fair testing, in one case.

c) Students' responses to anomalous results and ability to regulate the anomalies are categorized under a dichotomous rubric based on three consecutive criteria, two of them drawn from Hmelo-Silver et al.. (2002): 1) *Monitoring*: recognising versus not recognising (not monitoring) the data as anomalous; then for those recognising them, 2) *Evaluating*: attempting to identify the causes of the anomaly versus not attempting this identification; and for those evaluating them, 3) *Proposing actions*: adequately identifying the causes and proposing actions in order to fix the problem, versus inadequately identifying the causes but proposing actions.

Not monitoring occurs in five cases, T2 for group O/O', in T2, T3 and T4 for group P/P' and in T1 for group T/T'. Monitoring but not evaluating occurs in T1 for group O/O'. Evaluating (recognising the datum as anomalous, and identifying the causes inadequately, but being able to propose actions to fix the problem) occurs in three cases, T2 and T3 for group O/O', and T4 for group T/T'. *Proposing actions*: Recognising the datum as anomalous, evaluating the causes adequately and proposing actions to fix the problem occurs in two cases T1 for group P/P', and T5 for group O/O'.

d) Anomalous results in this study have four different effects to the conclusions: 1) Influence the conclusions: this occurs in T3 for group O/O' and T1 for group T/T'. 2) Not influence the conclusions: this occurs in T1 for groups O/O' and P/P' and in T2, and T5 for group O/O'.

3) Would influence them if they were not fixed by students: this occurs in T2 for GO/O' and T4 for GT/T'.

4) Would influence them if they were not fixed by the teacher: this occurs in T2 for GP/P' and T3 for GO/O'.

Students' evolution in interpreting results is assessed in terms of monitoring, evaluating and proposing actions from lower to higher regulation. The findings point to a pattern of progress in students' responses in two of the three small groups studied: responses revealing a low capacity of monitoring their

inquiry performances as not recognising the data as anomalous, or recognising it as anomalous, but being unable to explain their causes occur in tasks T1, T2 and T3, while responses revealing an improved capacity of regulating their inquiry performances as proposing a new experimental design that would avoid the causes producing anomalies, in tasks T4 and T5.

Knowledge transference regarding students' inquiry processes

At the end of the laboratory sequence, students are able to apply their knowledge to solve paper and pencil questions about inquiry, such as proposing how a prediction about could be tested, identifying the goal of an inquiry task about sunscreens, proposing fair testing and interpreting results from an experiment.

In summary, the ten students participating in our longitudinal study are able to recognise the role of reference substances in an investigation, eight out of ten identify the goal of the task, half of them recognise the need of fair testing and nine out of ten interpret the possible results of a given investigation.

Epistemic operations performed and prompted by teachers

Considering the three types of epistemic practices (knowledge production, evaluation and communication) there are more operations prompted than performed in both teachers' discourse. This is true also for knowledge evaluation, with about twice prompting than performing for teacher 1. In the case of knowledge communication, there are only prompting operations. For knowledge production, teacher 1 performs slightly more than prompts and teacher 2 prompts more than he performs.

About the relative frequency of the different epistemic practices, the number of operations related to prompting for knowledge evaluation (KE) is high for both teachers: 31 for T1 and 45 for T2. However the operations within KE are different, for teacher 1 prompt for comparison is the most frequent, while for teacher 2 is prompt for evaluation. For performed operations the patterns are different for each teacher: in epistemic practices a higher number of KE operations for teacher 1 and KP for teacher 2.

There are differences among the variety of operations within each of the three epistemic practices. The greater variety is found in knowledge production, with seven types of operations.

Teaching strategies aimed at transferring responsibility to students

The strategies used with higher frequency by both teachers may be grouped under questioning. Three quarters of T1's and two thirds of T2's strategies belong to this category, being explaining the next in frequency. Within questioning, we distinguish four strategies, being the more frequent asking open questions.

These differences show that the transfer of responsibility to students is a feature of teacher 2's practices, to greater extent than those of teacher 1.

About the type of practice prompted by open questions: for T1 eight correspond to KE, seven to KP, and two to KC, while for T2 twenty one correspond to KE, six to KP and one to KC. In contrast, five closed questions from T1 prompt for KE, compared to eight from T2. There are four instances of answering his own questions corresponding to KE for T1, and two for T2. About the other strategies, both teachers provide criteria (Explaining) for KE a similar number of times (T1 three, T2 four); T1 hints about KE once, which T2 does not, while T2 models evaluation for students once. In summary, T2 prompts for knowledge evaluation with a higher frequency of open and close questions. However T1 answers more of his own questions and provides hints, while T2 models practices for students.

Conclusions

The findings of the study allow us to reach the following conclusions:

Regarding the first research question: 1) Epistemic operations performed by students depend on the context and nature of the tasks. 2) There are differences in the performances of specific and general operations. 3) The frequency of each epistemic operation seems to decrease with the experience, there have been identified less episodes at the end of the study than at the beginning.

Regarding the second research question: 4) There are differences in students' performances regarding the epistemic operations "proposing design"

and “implementing design”. Some of them such as *proposing procedure* that only appear during the design phase and others such as *measuring* are not considered in the design phase but in the implementation one. 5) There are differences in the processes involved in the operation “proposing design” in terms of order of appearance and type of performance.

Regarding the third research question: 6) A small progress in students’ planning has been identified along the study. At the end of the study they propose adequate designs to solve the task without having received support from the teacher during the planning phase.

Regarding the fourth research question: 7) Students’ difficulties in recognising anomalous results depend on the nature of the data. They do not recognise the results as anomalous in the tasks that involve using qualitative data derived from observations or from using criteria for identification. 8) Anomalous results in the second year of the study do not affect to the conclusions of the tasks. Students solve the tasks correctly, either because anomalous results do not affect to the conclusions or because they take actions to remediate them. 9) Students’ responses to and ability to regulate anomalous results progress along the study in terms of more regulation for two of the three groups. 10) At the end of the study students are able to apply their knowledge on scientific inquiry to different contexts, attaining high results in the PISA tests used to assess the effect of the inquiry-based laboratory sequence performed in this study.

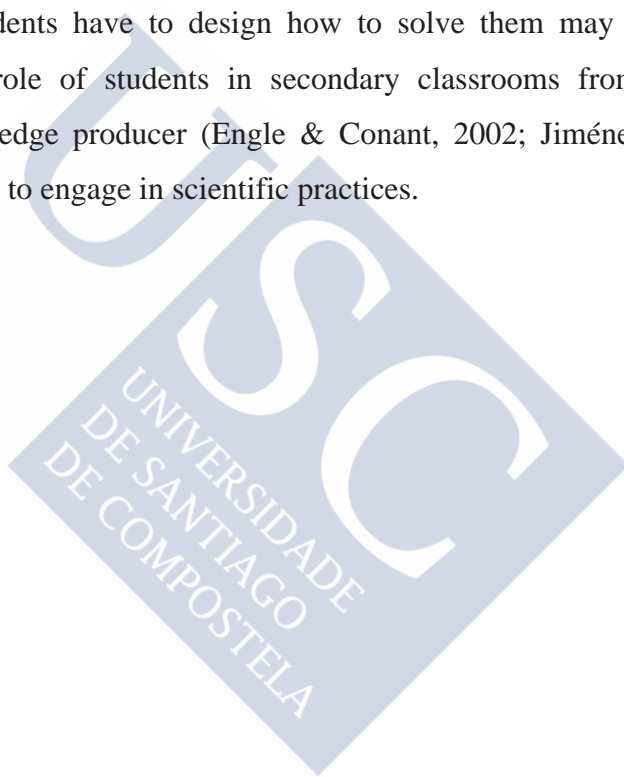
Regarding the fifth research question: 11) There are common patterns in both teachers’ discourses but differences in the type and number of operations prompted and performed, being those employed by teacher 2 more adequate to promote students’ engagement in scientific practices.

Regarding the sixth research question: 12) There are differences in the teaching strategies aimed at transferring the responsibility of solving the task that influence students’ engagement in scientific practices. Although both teachers use questioning with high frequency, teacher 2 discourse moving mainly through open questions seems to be more adequate to promote students’ engagement in

scientific practices than using closed questions, explanations and hints, as teacher 1 did.

An educational implication drawn from the study is the need of including extended time for planning the investigation previous to the implementation in inquiry tasks. This enables students to carry out a high number of epistemic operations. We suggest that support from the teacher previous to the design phase is needed in order to improve the quality of students' designs.

In conclusion, implementing on a regular basis inquiry-based laboratory tasks in which students have to design how to solve them may contribute to change the usual role of students in secondary classrooms from knowledge consumer to knowledge producer (Engle & Conant, 2002; Jiménez & Pereiro, 2002), which means to engage in scientific practices.





I FUNDAMENTACIÓN



A parte de fundamentación inclúe os capítulos 1, 2 e 3. O capítulo 1 aborda a introdución do estudo, o capítulo 2 a fundamentación teórica na que se basea a tese e o capítulo 3 a metodoloxía empregada no deseño do estudo e na análise dos resultados.



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Este estudo aborda o desenvolvemento da competencia científica a través da participación nas prácticas científicas por parte de alumnado de secundaria durante a realización de actividades de indagación no laboratorio de química. Esta investigación pretende contribuír ao estudo da participación do alumnado nas prácticas da comunidade científica, en particular nas relacionadas co deseño e posta en práctica de investigacións, interpretación de datos e establecemento de conclusións; así como ao estudo das operacións epistémicas que o alumnado leva a cabo en cada práctica científica.

1.1 Prácticas e competencias científicas

A aprendizaxe das ciencias considérase un proceso de socialización dentro da cultura científica (Driver, Newton & Osborne; 2000) e implica a participación dos estudantes nas prácticas características da comunidade científica (Kelly, 2008a). Como se indica no marco curricular NRC (2012): *“As ciencias non son únicamente un corpo de coñecemento que reflicte a comprensión sobre o mundo, son unha serie de prácticas empregadas para establecer, extender e refinar o coñecemento”* (NRC, 2012, p. 11)

As prácticas empregadas para establecer, extender e refinar o coñecemento son consideradas como prácticas científicas. A noción de *práctica* deriva da concepción da Ciencia non só como un conxunto de procesos senón tamén como produto da interacción social e o discurso que acompaña a construción do coñecemento científico (Reiser, Berland, & Renyon, 2012). Estes autores indican que as prácticas implican construír o coñecemento científico e comprender por que este se constrúe, examina, avalía e refina dun xeito determinado.

Kelly (2008a) suxire a necesidade de incluír o desenvolvemento das prácticas científicas como un dos obxectivos no ensino das ciencias. Esta suxerencia fundaméntase en estudos que documentan que a comprensión da Ciencia en profundidade e a competencia dos estudantes para levar a cabo investigacións científicas require que comprendan as prácticas específicas das disciplinas científicas (e.g. Driver, Newton & Osborne, 2000; Sandoval & Morrison, 2003; Sandoval & Reiser, 2004). Como indica o NRC (2012), os estudantes dificilmente poden comprender as prácticas científicas ou entender a natureza do coñecemento científico sen experimentalas directamente.

A participación nas prácticas características da comunidade científica implica aprender as *prácticas epistémicas* asociadas coa produción, avaliación e comunicación de coñecemento Kelly (2008a). Considérase epistémico todo o que está centrado na natureza e xustificación do coñecemento (Hofer & Pintrich, 1997). As prácticas epistémicas poden describirse como accións discursivas que se representan a través da linguaxe, ferramentas representacionais como diagramas e modelos, ou a través de texto escrito (Christodoulou, 2011).

As prácticas científicas que propón o NRC estadounidense, para todos os niveis educativos de infantil (desde os 5 anos) a secundaria, son oito (NRC, 2012):

- 1) Formulación de preguntas científicas
- 2) Desenvolvemento e uso de modelos
- 3) Deseño e posta en práctica de investigacións
- 4) Análise e interpretación de datos
- 5) Uso do pensamento matemático e computacional
- 6) Elaboración de explicacións científicas
- 7) Construción de argumentos a partir de probas
- 8) Obtención, avaliación e comunicación de información

A participación do alumnado nas prácticas científicas non aparece de forma explícita como contido nos documentos curriculares europeos, os cales se centran

na adquisición de competencias, mais ambas nocións gardan certa relación (Jiménez Aleixandre, 2012).

Esta tese analiza o desenvolvemento das *competencias científicas* (OECD, 2007). Enténdese competencia científica como a capacidade e disposición para utilizar o corpo de coñecementos e metodoloxías utilizadas para explicar o mundo natural coa fin de identificar cuestións e establecer conclusións baseadas en probas (UE, 2006). Actualmente os curricula derivados da Lei Orgánica de Educación (MEC, 2006) demandan un ensino baseado nas competencias, e a adquisición das mesmas por parte dos estudantes supón acadar a alfabetización científica, definida como: “*A alfabetización científica é capacidade de involucrase en temas relacionados coa ciencia e nas ideas da ciencia como un cidadá reflexivo*” (OECD, 2013, p. 7.)

A adquisición da competencia científica implica o desenvolvemento de tres capacidades, que segundo PISA 2006 (OECD, 2007) son: 1) Identificar cuestións científicas; 2) Explicar fenómenos científicamente; e 3) Utilizar probas científicas. Estas tres capacidades considéranse como as tres competencias necesarias para acadar a alfabetización científica e son o obxecto das avaliacións PISA no ámbito científico.

Esta tese céntrase na competencia en identificar cuestións científicas, que implica segundo PISA (OECD, 2007), recoñecer cuestións susceptibles de ser investigadas científicamente, identificar termos clave para a búsqueda de información científica e recoñecer os rasgos clave da investigación científica. Esta competencia está relacionada coa indagación científica, definida como: “*As diversas formas nas que os científicos estudan o mundo natural e propoñen explicacións baseadas nas probas derivadas do seu traballo*” (NRC, 1996).

Os procesos de indagación implican operacións características como a observación, establecemento de preguntas, planificación de investigacións, o uso de ferramentas para recoller, analizar e interpretar datos, a proposta de respostas, explicacións e predicións, e a comunicación de resultados (NRC, 1996).

A indagación concíbese como un proceso clave para acadar a alfabetización científica. No borrador do marco da avaliación PISA para 2015 (OECD, 2013) a competencia en identificar cuestións científicas pasa a denominarse *competencia en avaliar e deseñar indagacións científicas*, e implica as operacións de: identificar a cuestión explorada nun determinado estudo científico; distinguir cuestións que son posibles de ser investigadas científicamente; propoñer como explorar unha cuestión científicamente; avaliar formas de explorar científicamente unha determinada cuestión; e describir e avaliar un conxunto de métodos que empregan os científicos para asegurar a fiabilidade dos datos así como a obxectividade e xeneralizabilidade das explicacións. Consideramos que as actividades de laboratorio constitúen un recurso axeitado para que o alumnado leve a cabo as operacións características da indagación científica e polo tanto para que participe nas prácticas científicas.

Estas operacións forman parte dos contidos establecidos nos curricula de Ciencias españois derivados da Lei Orgánica de Educación (LOE), algunhas delas explicitamente. En Galicia un dos contidos a traballar en todos os cursos da Educación Secundaria Obrigatoria (ESO) é:

“Utilización de estratexias propias do traballo científico, mediante a proposta de sinxelas investigacións para a resolución de situacións problema, discusión do seu interese, identificación de variables que interveñen, formulación dalgunha hipótese de traballo, seguimento dunha planificación na posta en práctica, recollida organizada dos datos, interpretación dos resultados e comunicación das conclusións” (DOG 2007, p.12057).

En resumo, a perspectiva na que se enmarca este traballo é que as actividades de indagación no laboratorio permiten ao alumnado a participación nas prácticas da comunidade científica, o cal axuda a que comprendan mellor o funcionamento da ciencia, e contribúen tanto a acadar os obxectivos do currículo de ciencias como á adquisición da competencia científica.

1.2 Obxectivos da investigación e relevancia do estudo

O obxectivo principal deste traballo é analizar o desenvolvemento da competencia científica a través da participación do alumnado de secundaria nas prácticas científicas ao longo dunha secuencia de actividades de indagación no laboratorio de química, levada a cabo en dous cursos consecutivos (estudo lonxitudinal). Preténdese con este estudo contribuír á elaboración dunha proposta inicial de progresión de aprendizaxe para algunhas dimensións da indagación.

A secuencia de actividades está dirixida a traballar os contidos do currículo sobre a diversidade e unidade da estrutura da materia e os seus cambios (3º de ESO) e a estrutura e propiedades das substancias (4º de ESO). Comprende unha proba PISA (OECD, 2007) sobre a identificación de cuestións científicas como pre-test, cinco actividades de laboratorio con características comúns, e unha proba de avaliación tipo PISA relacionada coa identificación de cuestións científicas. Cada actividade de laboratorio propón unha situación problema nun contexto próximo ao alumnado. Para resolvelas é preciso elaborar un deseño experimental utilizando os datos e orientacións do guión. Estas actividades permiten que o alumnado participe nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións, análise e interpretación de datos e obtención, avaliación e comunicación de información. Ademais en cada práctica científica, o alumnado leva ou pode levar a cabo operacións epistémicas relacionadas coa produción, comunicación e avaliación do coñecemento.

As actividades lévaronse a cabo no laboratorio, cada unha durante dúas sesións, a primeira adicada á elaboración do deseño e a segunda á posta en práctica e elaboración de conclusións.

Realizouse un estudo preliminar sobre o deseño e posta en práctica de unha actividade de indagación no laboratorio con estudantes do máster de investigación en didáctica e do máster de formación de profesorado de secundaria, que ten implicacións para o deseño da secuencia de actividades no estudo lonxitudinal. Neste estudo previo examínase o proceso de contextualización, entendido como o proceso de conexión do coñecemento relevante ao contexto, transformándoo en decisións e accións prácticas (Jiménez Aleixandre & Reigosa, 2006).

Caracterízanse tamén as dificultades dos participantes para identificar o coñecemento científico relevante para resolver a actividade, coñecemento que non está especificado de forma explícita.

A participación do alumnado nas prácticas científicas examínase a través de tres dimensións, dúas referentes ao alumnado e unha ao profesorado:

1) A participación no deseño de experimentos, que inclúe operacións epistémicas como a proposta de procedementos ou o control de variables.

2) A participación na análise de resultados, que inclúe as operacións de interpretación de datos e establecemento de conclusións.

3) As estratexias empregadas polo profesorado durante a participación do alumnado nas prácticas científicas.

A partir destas tres dimensións elabóranse os obxectivos e preguntas de investigación da tese.

Obxectivo 1

Examinar o desenvolvemento da competencia científica a través da participación do alumnado nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións e análise e interpretación de datos ao longo do estudo lonxitudinal de indagación no laboratorio. Este obxectivo concrétese en catro preguntas de investigación:

Pregunta 1: Que tipo de operacións epistémicas levan a cabo os estudantes durante a participación nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións e análise e interpretación de datos?

Pregunta 2: Cales son os desempeños do alumnado nas dúas operacións epistémicas de produción de coñecemento proposta e posta en práctica dos deseños experimentais?

Pregunta 3: Que pautas de evolución aparecen nos deseños propostos polo alumnado ao longo do estudo?

Pregunta 4: Como interpretan os resultados anómalos, regulan as anomalías e establecen as conclusións os estudantes ao longo do estudo?

Obxectivo 2

Identificar un repertorio de estratexias docentes que promoven a participación do alumnado nas prácticas científicas. Este obxectivo concrétese en dúas preguntas de investigación:

Pregunta 5: Que operacións epistémicas promove o profesorado do estudo na súa práctica docente?

Pregunta 6: Que tipo de apoio relacionado coa transferencia de responsabilidade proporciona o profesorado ao alumnado durante o deseño e posta en práctica de investigacións no laboratorio?

A relevancia desta investigación radica no interese de aportar nova información sobre a participación do alumnado nas prácticas da comunidade científica a través de actividades de indagación no laboratorio. En particular este interese reside na necesidade de:

a) Identificar un conxunto de distintas operacións epistémicas que forman parte das prácticas científicas que os estudantes levan a cabo durante a realización das actividades de laboratorio nas que teñen que deseñar como resolver a tarefa, debido ás dificultades documentadas na literatura (e.g. Krajcik et al., 1998; Zimmerman, 2000; Sandoval & Reiser, 2004). Ademais este tipo de actividades, asociadas coas prácticas científicas, son as que forman parte dos ítems nas avaliacións internacionais PISA.

b) Identificar un repertorio de estratexias docentes que favorezan a participación do alumnado na participación nas prácticas científicas, xa que estas tarefas requiren considerable andamiaxe por parte do docente. Para que o alumnado participe satisfactoriamente nas prácticas é necesario que o profesorado coñeza que estratexias utilizar cando plantexa este tipo de actividades na aula. O coñecemento deste tipo de estratexias pode axudar ao profesorado a empregar actividades de indagación no laboratorio na súa práctica docente.

1.3 Organización da tese

A tese divídese en tres partes: fundamentación, resultados da investigación e conclusións e implicacións didácticas.

A parte de fundamentación inclúe tres capítulos, o primeiro é a *introdución*, que presenta os antecedentes da investigación, os obxectivos e a importancia da investigación.

O segundo capítulo, *marco teórico*, inclúe tres apartados que se corresponden cos tres corpos de coñecemento nos que se fundamenta esta tese: prácticas científicas, competencia científica e indagación no laboratorio.

O terceiro capítulo, a *metodoloxía da investigación* inclúe nove apartados: o marco metodolóxico da investigación cualitativa, a análise do discurso, o deseño da investigación e da secuencia de actividades, os participantes e contexto, os procedementos para a toma de datos, as ferramentas de análise, os criterios de validez e fiabilidade utilizados para avaliar a calidade dos resultados, as consideracións éticas a ter en conta no estudo e as limitacións metodolóxicas.

A segunda parte da tese, do capítulo catro ao nove, aborda os resultados da investigación. O capítulo catro aborda os *resultados do estudo preliminar* realizado na formación inicial e permanente do profesorado sobre o proceso de contextualización durante a posta en práctica dunha actividade de indagación no laboratorio.

No capítulo cinco discútese os principios de *deseño do estudo* lonxitudinal, xa que o deseño da secuencia de actividades é unha parte importante que forma parte da investigación.

Os capítulos seis, sete e oito abordan os resultados do estudo principal e presentan os resultados referentes ao primeiro obxectivo de investigación, examinar o desenvolvemento da competencia científica a través a participación do alumnado nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións e análise e interpretación de datos ao longo do estudo lonxitudinal de indagación no laboratorio.

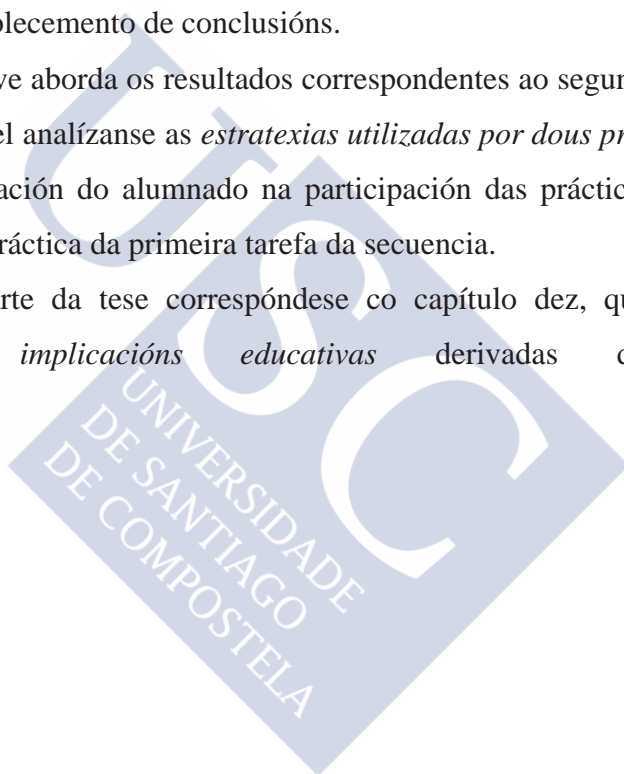
O capítulo seis presenta os resultados correspondentes á primeira pregunta de investigación, nel analízanse as *operacións epistémicas* que o alumnado leva a cabo durante o deseño e posta en práctica da secuencia de actividades. E identifícanse as pautas que emerxen ao longo do estudo.

O capítulo sete aborda os resultados correspondentes á segunda e terceira pregunta de investigación. Nel examínanse os *desempeños do alumnado* nas operacións proposta e posta en práctica do deseño e analízase *a evolución* do alumnado no deseño de investigacións.

O capítulo oito presenta os resultados correspondentes á cuarta pregunta de investigación. Nel analízanse a *interpretación de resultados* derivados da posta en práctica dos deseños experimentais, en particular a interpretación de resultados anómalos que se obteñen durante a posta en práctica do deseño, e a súa regulación, e o establecemento de conclusións.

O capítulo nove aborda os resultados correspondentes ao segundo obxectivo da investigación. Nel analízanse as *estratexias utilizadas por dous profesores* para fomentar a participación do alumnado na participación das prácticas científicas durante a posta en práctica da primeira tarefa da secuencia.

A terceira parte da tese correspóndese co capítulo dez, que aborda as *conclusiones e implicacións educativas* derivadas do estudo.





CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Os fundamentos do traballo proceden de tres corpos de coñecemento de didáctica das ciencias: 1) As prácticas científicas e operacións epistémicas relacionadas cos procesos de produción, avaliación e comunicación do coñecemento (Kelly, 2008a; NRC, 2012); 2) As competencias científicas (OECD, 2007; 2013); e 3) A indagación no laboratorio (Grandy & Duschl, 2008; Hodson, 1990; 1998).

Neste capítulo discútense en primeiro lugar a perspectiva da aprendizaxe das ciencias a través da participación nas prácticas científicas. Nesta primeira parte preséntase a teoría sociocultural de aprendizaxe (e.g. Bruner, 1986; Longino, 2002; Vygotsky, 1979) na que se enmarca esta perspectiva, as prácticas da comunidade científica e as operacións epistémicas (Kelly, 2008a) relacionadas coas prácticas científicas.

Na seguinte sección abórdanse as competencias científicas relacionadas coas prácticas científicas. Discútense as tres competencias que constitúen a alfabetización científica e profundízase na competencia en identificar cuestións científicas, que é a máis relevante para esta tese.

Na terceira sección preséntase a indagación no laboratorio como un enfoque que permite a participación nas prácticas científicas e o desenvolvemento das competencias científicas. Discútense os antecedentes da aprendizaxe das ciencias a través da indagación e as dificultades que presenta para o alumnado.

A cuarta e última sección aborda o desenvolvemento da aprendizaxe autónoma e a regulación da aprendizaxe, na que se discuten as estratexias docentes que apoian estes procesos.

2.2 Prácticas epistémicas e científicas

Esta tese enmárcase nunha perspectiva que considera que os obxectivos epistémicos forman parte dos obxectivos de aprendizaxe das ciencias (Duschl & Jiménez-Aleixandre, 2012). Neste enfoque, a construción do coñecemento científico ten lugar en contextos complexos nos que interaccionan prácticas cognitivas, epistémicas e sociais. Segundo esta perspectiva, a aprendizaxe das ciencias debería centrarse en tres áreas interrelacionadas (Duschl, 2008):

- a) As estruturas conceptuais e procesos cognitivos utilizados no razoamento científico.
- b) Os marcos epistémicos utilizados ao desenvolver e avalíar o coñecemento científico.
- c) Os procesos sociais e os contextos implicados na comunicación, representación, discusión e debate sobre o coñecemento.

Este enfoque deriva dun cambio nos intereses da investigación en didáctica das ciencias nas últimas décadas, que pasa de ocuparse do estudo dos produtos da aprendizaxe a interesarse polos procesos e prácticas nas que o alumnado participa durante a aprendizaxe (Duschl & Grandy, 2013; Jiménez-Aleixandre, 2012; Millar & Wynne, 1988). Este cambio deriva do consenso establecido sobre a necesidade de que o ensino das ciencias sexa coherente coa forma na que o coñecemento científico se constrúe (Duschl, 1990; Duschl & Grandy, 2008; Gil, 1993). Isto implica incluír aspectos sobre a *natureza da ciencia* (NDC), en inglés *nature of science* (NOS), co propósito de achegar a ciencia escolar á ciencia profesional e evitar que o alumnado desenvolva unha idea sobre a ciencia distante da realidade. Esta necesidade é abordada desde a filosofía da ciencia (Longino, 2002; Nersessian, 2007), a didáctica das ciencias (Duschl, 2008; Osborne, 2011) e os documentos curriculares estadounidenses (AAAS, 1990; NRC, 1996; 2012), denominados *policy documents*. Hai que ter en conta que os documentos curriculares mencionados son recomendacións para o ensino das ciencias, non prescricións, xa que en Estados Unidos cada estado ten as competencias en

educación, polo tanto non existe un único documento lexislativo xeral como ocorre en países como España.

O ensino de aspectos sobre a natureza da ciencia implica ter en conta estudos doutras disciplinas sobre a construción do coñecemento como a filosofía e socioloxía da ciencia, que influíron a didáctica das ciencias. Un exemplo da influencia destas disciplinas é a introdución da aprendizaxe do chamado *método científico*, que caracterizou os curricula das décadas dos 70 e 80. O método científico concíbese como un conxunto de regras de aplicabilidade universal para observar fenómenos e inferir conclusións por inducción a partir dos mesmos (Jiménez Aleixandre, 1996). Este paradigma foi e segue sendo moi criticado desde a filosofía e a didáctica das ciencias. Bachelard (1938) sinala que todo coñecemento científico orixínase dun problema ou cuestión sen resolver e non dunha observación. Este autor indica que a partir dese problema fórmulanse as hipóteses que preceden e guían ás observacións. Chalmers (1984) critica a fialibilidade dos datos proporcionados polos sentidos, xa que non son obxectivos e non suministran unha base segura para a construción do coñecemento. Gil (1993) sinala que o paradigma do método científico infravalora a creatividade do traballo científico, levando ao alumnado a pensar que a ciencia consiste en verdades incontrovertibles. Osborne (2011) indica que o método científico non ten en conta a gran variedade de prácticas que realizan os científicos. A pesar das críticas ao método científico entendido como unha serie de pasos estereotipados, en España o currículo do ano 2001 para a educación secundaria obrigatoria (ESO) aínda incluía como obxectivo: *“Iniciar ao alumno no coñecemento e aplicación do método científico”* (MECD, 2001, pp.33736).

Aínda que existe consenso sobre a importancia do ensino da natureza da ciencia, existe menos sobre a metodoloxía de ensino apropiada para ensinala. Duschl e Grandy (2013) identifican dúas correntes, unha que sinala a necesidade do ensino explícito dos aspectos da natureza da ciencia como un conxunto de principios heurísticos empregados desde a filosofía e historia da ciencia para caracterizar a ciencia como saber (e.g. Abd-el-Khalick, 2012). Outra corrente sinala a necesidade de concebir a ciencia como un conxunto que comprende tanto

prácticas cognitivas, epistémicas e sociais como os contextos materiais e tecnolóxicos que caracterizan a actividade científica. Segundo esta segunda perspectiva, na que se enmarca esta tese, a aprendizaxe sobre a natureza da ciencia favorécese cando o alumnado participa nas prácticas citadas arriba en contextos específicos, é dicir aprende estes contidos a través da práctica (e.g. Duschl, 2008; Kelly, 2008a), o que non exclúe a reflexión explícita.

A segunda perspectiva é a que se promove desde algúns enfoques de didáctica das ciencias (Duschl, & Grandy, 2013; Kelly, 2008; Osborne, 2011) e en documentos curriculares recentes (NRC, 2012). Estas recomendacións propoñen ensinar ciencias a través da participación nas prácticas características da comunidade científica, é dicir nas prácticas empregadas para establecer, estender e refinar o coñecemento. Estas prácticas considéranse como produto da interacción social e do discurso que acompaña a construción do coñecemento científico (Reiser, Berland & Kenyon, 2012). Coincidimos con Osborne (2011) en que presentando a ciencia como un conxunto de distintas prácticas sociais compartidas en maior ou menor medida por toda a comunidade científica proporciónase unha imaxe máis precisa da ciencia e unha mellor educación científica. Ademais os estudantes aprenden contidos máis complexos cando participan en actividades que teñen semellanzas coas actividades diarias dos profesionais que traballan no ámbito obxecto de estudo (Sawyer, 2006).

A aprendizaxe das ciencias a través da participación do alumnado nas prácticas da comunidade científica, fundaméntase na teoría sociocultural de aprendizaxe que se discute no seguinte apartado.

2.2.1 Teoría Sociocultural de Aprendizaxe

A teoría sociocultural considera que a aprendizaxe se leva a cabo a través da interacción social. Esta teoría ten orixe nos estudos de Vygotsky (1979) que concibe o coñecemento como un proceso de interacción entre un individuo e o medio non so físico senón tamén *social* e *cultural*. Richmond e Striley (1996) consideran que a aprendizaxe é o resultado da forma ou proceso no que as ideas do alumnado se presentan, debaten, aceptan ou rexeitan cando estes interaccionan

entre si e co profesor. O propósito desta teoría é identificar as prácticas culturais dunha comunidade a través do estudo da interacción social.

Vygotsky define a *cultura* como o produto da vida social e da actividade humana, xa que segundo el todo o que é cultural é tamén social. Para Bruner (1986) a cultura está en constante proceso de recreación, xa que son os membros que forman parte dunha comunidade concreta os que a interpretan e negocian. Para este autor, a cultura é un foro para negociar e renegociar os significados que forman parte da mesma e considera a educación como un dos principais foros de negociación cultural, onde a linguaxe é o medio de intercambio. Desde a perspectiva da filosofía da ciencia e as prácticas sociais, Longino (2002) propón que o que identifica a unha comunidade, máis que o conxunto de crenzas comúns, son unha serie de normas públicas que os seus membros utilizan nas interaccións discursivas. Dentro da perspectiva sociocultural, a aprendizaxe considérase como o proceso polo que os individuos se introducen nunha cultura apoiados por membros máis cualificados da comunidade. Neste proceso os individuos aprópanse das ferramentas culturais da comunidade a través da participación nas actividades desa cultura (Bruner, 2000).

Nas últimas décadas, os estudos en historia, filosofía e socioloxía axudaron a redefinir a ciencia, pasando de considerarse como algo obxectivo e construído unicamente a través da experimentación a considerarse tamén como unha entidade constituída socialmente e moldeada polos valores, crenzas e compromisos humanos. Esta nova concepción trasládase á didáctica das ciencias por autores como Kelly, Carlsen e Cunningham (1993), que inician unha liña de investigación enmarcada na perspectiva sociocultural que analiza o discurso de aula empregando ferramentas da lingüística. Nesta liña, considérase que o coñecemento científico constrúese, válidase e comunícase a través da cultura e das institucións da ciencia (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). Por tanto, ten que concebirse como un produto social (Pickering, 1992) e practicado (Knorr-Cetina, 1999), é dicir construído a través de prácticas socioculturais (Kelly, Carlsen & Cunningham, 1993; Kelly, Chen & Crawford, 1998).

Driver et al. (1994) consideran que a concepción do coñecemento científico como construído socialmente ten implicacións para a aprendizaxe: as entidades científicas e ideas que se constrúen, validan e comunican a través das institucións culturais da ciencia non se descubren a través de investigacións puramente individuais senón que a aprendizaxe das ciencias implica introducirse nas ideas e prácticas da comunidade científica e darlle significado a esas ideas e prácticas a nivel individual. Kelly (2008b) coincide con esta idea ao considerar que o acceso dos estudantes ás ciencias conséguese por medio da participación nos mundos sociais e simbólicos que constan de coñecemento e prácticas das comunidades especializadas. Esta consideración supón unha nova forma de examinar o coñecemento e crenzas do alumnado, a través do estudo da participación nas prácticas epistémicas relacionadas coa actividade científica, que se discuten no seguinte apartado.

2.2.2 *Prácticas epistémicas*

As prácticas epistémicas enmárcanse na *epistemoloxía*, unha rama da filosofía que examina a orixe, alcance, natureza e limitacións do coñecemento (Boyd, Gasper & Toud, 1993). O termo *epistemoloxía* emprégase de distinta forma na filosofía e na psicoloxía. Para a filosofía enténdense como a descrición da natureza de coñecemento científico, incluíndo as fontes dese coñecemento, a súa veracidade e as xustificacións científicas. Na psicoloxía defínese como o conxunto de ideas que os individuos teñen sobre a natureza do coñecemento e a súa produción.

Na didáctica das ciencias, a epistemoloxía examina o desenvolvemento do coñecemento, a natureza das probas, os criterios para a elección de teorías e a estrutura do coñecemento disciplinar (Kelly, 2008a); así mesmo a avaliación da calidade dos datos e a relación entre os modelos teóricos e os fenómenos a explicar (Ryder & Leach, 2008). Duschl e Osborne (2002) sinalan que as bases da epistemoloxía da ciencia céntranse en responder ás preguntas sobre *como sabemos o que sabemos?* e *por que o cremos?* Sandoval (2005) engade a pregunta *que sabemos exactamente?*

Segundo Kelly, McDonald & Wickman (2012), hai tres formas de interacción entre a epistemoloxía e a didáctica das ciencias:

a) *Disciplinar*: contempla as formas nas cales a Historia e Filosofía da ciencia informan a teoría da aprendizaxe (e.g. Duschl & Hamilton, 1998; Nersessian, 1992; Posner et al., 1982). Dentro desta perspectiva encádranse correntes como o cambio conceptual, os procesos de lexitimación e outros que estudan como se elaboran as teorías científicas e o coñecemento.

b) *Persoal*: aborda as formas nas que as epistemoloxías persoais dos estudantes inflúen na aprendizaxe das ciencias, é dicir o que entenden da natureza da ciencia (e.g. Hofer, 2001; Lederman, 1992; Abd-El-Khalick, 2012). Dentro desta perspectiva inclúense os estudos sobre metacognición.

c) *Social*: aborda as epistemoloxías prácticas, que consideran as formas nas que as prácticas disciplinares se poñen en práctica a través da interacción en contextos de aprendizaxe (e.g. Duschl & Kelly, 2002; Kelly, 2008a; Wickman, 2004).

Kelly et al. (2012) sinalan que estes enfoques non son excluíntes senón complementarios, aínda que cada un fai fincapé en distintas dimensións.

Esta investigación enmárcase na perspectiva social. O estudo da epistemoloxía como unha práctica social proporciona oportunidades de analizar como se desenvolve o coñecemento como acción e como este cambia a través das experiencias e outras circunstancias que se producen en educación (Leach & Scott, 2003).

Sandoval (2005) propón dúas razóns para xustificar por que a comprensión da epistemoloxía da ciencia é importante no ensino das ciencias. Este autor considera que: a) a comprensión do marco epistemolóxico da indagación axudará ao alumnado a participar neste proceso de forma máis satisfactoria, e b) que os cidadáns que forman parte dunha sociedade democrática precisan comprender a natureza do coñecemento e das prácticas científicas para participar de forma efectiva nas decisións políticas e para interpretar o significado de novos coñecementos científicos importantes para a súa vida diaria.

Kelly (2008a) suxire reformular os obxectivos da educación científica para incluír o desenvolvemento das prácticas científicas polo alumnado. Este autor indica que a participación nas prácticas características da comunidade científica implica aprender as prácticas epistémicas asociadas coa produción avaliación e comunicación de coñecemento. Kelly define prácticas epistémicas como “*As formas específicas nas que membros dunha comunidade propoñen, xustifican, avalían e lexitiman enunciados de coñecemento nun marco disciplinar.*” (Kelly, 2008a, pp. 99-100). Segundo segundo este autor, as prácticas epistémicas, como toda práctica social están constituídas por un conxunto de accións, levadas a cabo por membros de un grupo baseado en propósitos comúns e expectativas que comparten valores culturais, ferramentas e significados. Aínda que esta definición é moi utilizada en estudos sobre epistemoloxía, cando se utiliza en contextos educativos non existe un consenso claro sobre o que se considera *epistémico*.

Sandoval e Morrison (2003) diferencian entre prácticas epistémicas e prácticas epistemolóxicas. Para estes autores, as *prácticas epistémicas* son as relacionadas coa produción e avaliación de coñecemento, mentres que as *prácticas epistemolóxicas* son as relacionadas coas teorías de coñecemento. Sandoval e Reiser (2004) consideran as prácticas epistémicas como as prácticas discursivas e de razoamento implicadas na construción e avaliación de coñecemento. Chinn, Buckland e Samarapungavan (2011) entenden que as accións son epistémicas sempre e cando teñan como obxectivo *producir novo coñecemento de forma sistemática* e xustificada. Esta última consideración de prácticas epistémicas é a que empregamos nesta tese.

En estudos empíricos de aula, as prácticas epistémicas poden caracterizarse como *accións discursivas que se representan a través da linguaxe*, ferramentas representacionais como diagramas e modelos, ou a través de texto escrito (Christodoulou, 2011). Na literatura existen estudos que analizan as prácticas epistémicas postas en práctica por alumnado e profesorado relacionados con distintas cuestións de didáctica das ciencias. Algúns dos estudos máis relevantes, incluíndo o de Pontecorvo e Girardet, que é sobre Historia, mais tivo grande relevancia en didáctica das ciencias, detállanse na táboa 2.1.

Autores	Corpo de coñecemento	Prácticas epistémicas
Pontecorvo & Girardet (1993)	Argumentación	Argumentativas (e.g.conclusiones, xustificacións, concesión) e epistémicas (e.g. definición, avaliación, categorización)
Kelly & Takao (2002)	Argumentación	Niveis epistémicos no uso de probas
Sandoval & Morrison (2003)	Argumentación	Uso de probas, explicacións causais
Sandoval (2003)	Explicacións científicas	Explicacións
Kelly & Bazerman (2003)	Argumentación	Niveis epistémicos no uso de probas
Sandoval & Reiser (2004)	Indagación	Preguntas, explicacións e uso de probas
Wickman (2004)	Indagación	Aplicación de coñecemento (contextualización?)
Sandoval & Milwood (2005)	Argumentación	Uso de probas e establecemento de conclusións
Jiménez & Reigosa (2006)	Indagación	Contextualización e niveis epistémicos
Jiménez-Aleixandre Mortimer, Silva & Díaz (2008)	Argumentación	Prácticas epistémicas relacionadas coa produción, avaliación e comunicación do coñecemento
Ryder & Leach (2008)	Modelización	Desenvolvemento de modelos teóricos
Pluta, Chin & Clark (2011)	Modelización	Uso de criterios de avaliación
Christodoulou (2011)	Argumentación	Prácticas epistémicas produción, avaliación e comunicación do coñecemento
Sandoval & Çam (2011)	Argumentación	Xustificacións, interpretación de datos e uso de probas
Ryu & Sandoval (2012)	Argumentación	Xustificacións, explicacións causais, uso de criterios
Ford & Wargo (2012)	Explicacións científicas	Aplicación de coñecemento, multiplicidade de alternativas, avaliación do éxito das explicacións
Mortimer & de Araújo (2013)	Indagación	Prácticas epistémicas de produción, comunicación e avaliación de coñecemento

Táboa 2.1 Estudos sobre prácticas epistémicas en didáctica das ciencias experimentais ou sociais.

Dos estudos recollidos na táboa 2.1, gran parte analizan as prácticas epistémicas relacionadas co uso de probas tanto na argumentación (Kelly & Takao, 2002; Kelly & Bazerman, 2003; Sandoval & Millwood, 2005; Sandoval & Morrison, 2003; Sandoval & Çam, 2011) como na indagación (Sandoval & Reiser, 2004). Outros analizan as prácticas de produción, avaliación e

comunicación do coñecemento na argumentación (Christodoulou, 2011; Jiménez-Aleixandre, Mortimer, Silva & Díaz, 2008; Pontecorvo & Girardet, 1993) e na indagación (Mortimer & de Araújo, 2013). Outros examinan as explicacións do alumnado (Sandoval, 2003), a aplicación do coñecemento teórico no laboratorio (Wickman, 2004), a aplicación de coñecemento e avaliación da validez das explicacións (Ford e Wargo, 2012), o proceso de contextualización (Jiménez-Aleixandre & Reigosa, 2006), o desenvolvemento de modelos teóricos (Ryder & Leach, 2008), o uso de criterios de avaliación de modelos (Pluta, Chinn & Clark, 2011), e as xustificacións e uso de criterios nas xustificacións causais (Ryu & Sandoval, 2012).

Os traballos sobre prácticas epistémicas máis relacionados coa nosa investigación son os que analizan as prácticas de produción, avaliación e comunicación do coñecemento. Pontecorvo e Girardet (1993) examinan as operacións epistémicas e argumentativas de alumnado de primaria nas discusións de grupo durante a realización dunha actividade de historia. Entre as operacións argumentativas inclúen conclusión, xustificación, concesión, oposición e contraposición. Como operacións epistémicas consideran definición, categorización, predicación, avaliación e apelación a analoxías, exemplos, regras ou principios.

Jiménez Aleixandre, Mortimer, Silva e Díaz (2008), propoñen un marco para a análise das prácticas epistémicas do alumnado relacionadas coa produción, avaliación e comunicación do coñecemento en tres contextos: 1) argumentación no laboratorio de bioloxía; 2) articulación do coñecemento científico e datos empíricos na argumentación sobre un problema sociocientífico; e 3) análise do discurso e xustificacións durante a resolución de cinco problemas de química. Estes autores, a diferenza de Pontecorvo e Girardet (1993) consideran epistémica calquera intervención relacionada cos procesos de produción, avaliación e comunicación de coñecemento, polo que non as dividen en operacións argumentativas e epistémicas. As prácticas epistémicas que identifican nas intervencións do alumnado están relacionadas coa articulación do coñecemento, identificación de pautas nos datos, interpretación e construción de

representacións, elaboración de informes e outros textos, persuasión, coordinación de teorías e probas e contraste de conclusións con probas.

Christodoulou (2011) examina as características epistémicas das intervencións do profesorado de ciencias en función do tipo de prácticas que promoven e realizan durante as intervencións na aula, e o efecto destas intervencións nas prácticas epistémicas nas que participa o alumnado. Esta autora compara dúas aulas que empregan, respectivamente, unha metodoloxía de ensino tradicional e outra baseada na argumentación e uso de probas. Algunhas das prácticas epistémicas que identifica coinciden coas de Pontecorvo e Girardet (1993) e con Jiménez-Aleixandre et al. (2008) e outras son a descrición, fornecer información ou probas, posicionamento, elaboración de argumento, predicción, explicación, e demanda de explicacións ou probas.

Mortimer e de Araújo (2013) examinan a participación (*engagement*) do alumnado nas actividades de laboratorio sobre termoquímica e cinética e documentan as prácticas epistémicas nas que o alumnado participa durante a realización das actividades. Estes autores empregan unha lista de prácticas epistémicas da que as relacionadas coa produción e avaliación de coñecemento son similares ás utilizadas por Jiménez-Aleixandre et al. (2008), mentres que as relativas á comunicación de coñecemento son diferentes. Entre estas inclúense a discusión, narración, descrición, explicación, clasificación, exemplificación e definición.

Esta tese analiza as prácticas epistémicas postas en práctica por alumnado e profesorado de secundaria durante a realización de actividades de indagación no laboratorio. Na tese utilízase o termo *operacións epistémicas* (Pontecorvo & Girardet, 1993) para evitar confusión coas prácticas científicas que se abordan no seguinte apartado, aínda que prácticas e operacións non son intercambiabes. Por exemplo no traballo de Jiménez et al utilízase *prácticas* no senso amplo das tres grandes categorías e *operacións* no senso de procesos máis específicos.

2.2.3 Participar nas prácticas da comunidade científica

Nas últimas décadas, as recomendacións educativas de diversos organismos están encamiñadas a achegar o ensino das ciencias á realidade da comunidade científica (e.g. AAAS, 1990; EU, 2006; NRC, 1996; 2012). Nos documentos curriculares do NRC (1996; 2012) indícase que o proceso de aprendizaxe debería ser paralelo ao proceso polo que os científicos constrúen o coñecemento. Segundo a AAAS (1990): *“Fomentar no alumnado a comprensión dos fenómenos científicos require axudalos a participar nos procesos de construción do coñecemento, a través de actividades e situacións sociais que dean significado e valor ás prácticas da indagación científica”*. Segundo o documento do NRC (2012), a participación do alumnado nas prácticas científicas axuda a comprender como se constrúe o coñecemento e proporcionalles unha comprensión da gran variedade de métodos utilizados para investigar, modelar e explicar o mundo.

A idea da aprendizaxe das ciencias a través das prácticas científicas está presente nos traballos de Dewey de 1916 (Dewey, 1997) e Schwab (1966), quen consideraban que a Ciencia debería ser ensinada dun xeito coherente co seu funcionamento. Para Dewey (2004) *“Os seres humanos aprenden facendo”*, e a aprendizaxe debería concebirse como un desenvolvemento gradual de experiencia a través da participación nas actividades nas que o coñecemento se constrúe e aplica. Este desenvolvemento é guiado progresivamente por outros que participan nesas actividades e comparten experiencias. Pickering (1992) considera que as prácticas dos científicos son tan importantes como o coñecemento que producen. Dunbar (2000) indica que os procesos básicos que teñen lugar no día a día da actividade científica son pouco coñecidos. Para este autor, responder ás preguntas *de como pensan, razoan e levan a cabo as investigacións os científicos?* e *de como representan o coñecemento?* son cruciais tanto para comprender que é a ciencia como para planificar e deseñar a educación científica. Isto non significa que o alumnado teña que recapitular na aprendizaxe todos os procesos que levaron a cabo os científicos para construír o coñecemento, senón comprender de forma xeral a práctica científica, é dicir as pautas claves do razoamento (Ford, 2008a). Coincidimos con Osborne (2011) en considerar que a comprensión da ciencia

require un coñecemento sobre as prácticas xerais e a súa función na produción de novo coñecemento.

Un dos propósitos de implicar ao alumnado na participación nas prácticas científicas é proporcionar coñecemento sobre a natureza da actividade científica e sobre como se constrúe o coñecemento, é dicir, favorecer que o alumnado desenvolva unha visión do que os científicos fan. Ao mesmo tempo esta participación proporciona ao profesor unha visión do pensamento do alumnado (Osborne, 2011). Este autor subliña que isto non significa que a aprendizaxe das ciencias sexa o mesmo que a actividade científica, xa que ambas teñen distintos obxectivos. Na aprendizaxe das ciencias o obxectivo para o alumnado é comprender os elementos principais dun corpo de coñecementos *preestablecidos* e consensuados. Mentres que na actividade científica o obxectivo é obter *novo* coñecemento.

Bybee (2011) subliña que o obxectivo de transformar a aprendizaxe das ciencias incluíndo nela a participación nas prácticas científicas é expandir e enriquecer o ensino e a aprendizaxe da ciencia. Este autor indica que cando o alumnado participa nas prácticas, as actividades convértese na base para aprender sobre experimentos, datos e probas, discurso social, modelos, etc. así como para desenvolver as destrezas de avaliar conclusións, levar a cabo investigacións empíricas e construír explicacións. No documento de NRC (2012) indícase explicitamente que o termo *prácticas* se emprega en vez de *destrezas* para facer fincapé en que a participación na investigación científica require ademais das destrezas o coñecemento específico para cada práctica. O cambio a situar as prácticas nun lugar central xunto coas ideas clave e os conceptos transversais, xorde da investigación sobre os procesos de aprendizaxe do alumnado e dos avances na comprensión dos procesos de progresión da ciencia. As prácticas implican participar no traballo de construír coñecemento en ciencias e comprender porque se elabora, proba, avalía e refina o coñecemento do xeito no que se fai (Reiser, Berland & Kenyon, 2012).

As prácticas científicas que propón o documento do NRC (2012) estadounidense para todos os cursos do ensino, desde educación infantil (5 anos)

até secundaria, baséanse na análise do traballo dos científicos profesionais. A figura 2.1 representa as prácticas da comunidade científica.

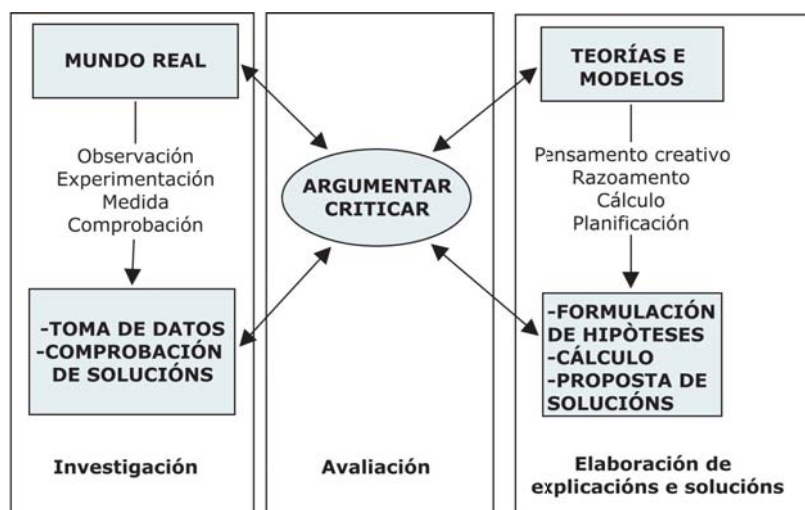


Figura 2.1 Modelo das prácticas da comunidade científica (de Osborne, 2011)

Este modelo sintetizado por Osborne (2011) baséase no marco PISA de 2003, no que a actividade científica consta de tres procesos xerais que se solapan entre si:

1) A *investigación* sobre o mundo real, que inclúe a identificación de problemas, o deseño e posta en práctica de experimentos e a análise e interpretación dos datos obtidos durante a experimentación.

2) A *elaboración de explicacións e solucións*, que implica teorizar sobre o mundo, formulando hipóteses e elaborando explicacións de fenómenos físicos e naturais.

3) A *avaliación*, que require argumentar e criticar a validez e fiabilidade dos datos, contrastar os datos coas predicións teóricas, e identificar erros nas ideas propias ou nas do resto da comunidade. Estas tres prácticas xerais son as que dan lugar ás oito prácticas científicas para o alumnado que propón o documento do NRC (2012), reproducidas no capítulo 1.

Coincidimos con Bell et al. (2012) en considerar que as oito prácticas científicas, están interconectadas e que se solapan entre si. Nesta tese centrámonos na análise da participación do alumnado en dúas prácticas: deseño e posta en práctica de investigacións e análise e interpretación de datos que coinciden coas

prácticas tres e catro no documento do NRC (2012) e se abordan en detalle no apartado 2.4.

A participación na práctica de *deseño e posta en práctica de investigacións* require que o alumnado estableza o obxectivo da investigación, prediga resultados e planifique as accións que proporcionarán os mellores datos para responder á pregunta e que servirán para xustificar as conclusións. O obxectivo do deseño das investigacións é xerar datos para responder ás preguntas e, a partir deles poder elaborar conclusións sobre un fenómeno determinado. Os datos convértense en probas cando se empregan no proceso de xustificación dunha conclusión (Koslowski et al., 2008). O alumnado debe utilizar o razoamento e as ideas científicas, principios e teorías para amosar por que un dato pode ser considerado proba. Nas actividades de laboratorio, o alumnado ten que decidir, por exemplo, as variables que poden ser consideradas como resultados e cales deberían ser controladas nos experimentos.

A práctica de *análise e interpretación de datos* implica que o alumnado use datos, ben proporcionados ou ben xerados por eles, nunha situación experimental. Por exemplo, neste segundo caso, que sexa quen de presentalos nun formato que favoreza a identificación de pautas e relacións, e a comunicación dos resultados ao resto do grupo. Esta é unha das principais prácticas que os científicos levan a cabo, xa que os datos en bruto poden ter distintos significados e unha análise dos mesmos e transformación a outros formatos (gráficos etc.) pode facilitar a comprensión do seu significado e da súa relevancia para seren empregados como proba.

A participación do alumnado nas prácticas científicas require pola súa banda levar a cabo determinadas operacións epistémicas, por exemplo na planificación de investigacións identificar as variables de medida e controlalas. Estas operacións epistémicas coinciden coas operacións que o alumnado debe levar a cabo para acadar o desenvolvemento das competencias científicas, que se discuten na seguinte sección.

2.3 Competencias

Os curricula derivados da Lei Orgánica de Educación (MEC, 2006) demandan un ensino baseado nas *competencias*. A noción de competencia cobra protagonismo nos sistemas educativos europeos nos últimos anos debido á necesidade manifestada polos distintos países de preparar ao alumnado para afrontar de forma satisfactoria os retos da sociedade (EU, 2012).

2.3.1 Antecedentes

A introdución das competencias no sistema educativo provén das preocupacións por parte dos países da unión europea, de identificar os coñecementos, destrezas, *competencias*, capacidades e actitudes que preparen aos seus cidadáns para tomar parte de forma activa nesta sociedade (EU, 2002). Os países que forman parte da Organización para a Cooperación e Desenvolvemento Económico (OCDE) recoñecen tamén que os estudantes deben desenvolver destrezas e coñecementos asociados coas prioridades do século XXI (Bybee & Fuchs, 2006).

En 1997 a OCDE crea o Programa para a Avaliación Internacional do Alumnado (Programme for International Student Assessment, PISA) co obxectivo de examinar como adquire o alumnado os coñecementos e destrezas necesarias para participar de forma activa na sociedade ao final da escolaridade obrigatoria. Nese mesmo ano iníciase o proxecto Selección e Definición das Competencias (DeSeCo) (OCDE, 2005) que ten como propósito proporcionar un marco conceptual para a identificación de competencias clave, así como para as enquisas internacionais que miden o nivel de competencia entre xóvenes e adultos.

No ano 2001, a Comisión Europea encarga a un grupo de expertos a tarefa de definir o concepto de *competencia básica* e de identificar un conxunto de competencias que fosen recoñecidas por todos os países europeos. A Comisión Europea considera como competencias clave ou básicas, as que son cruciais para a realización e desenvolvemento persoal ao longo da vida, a inclusión na cidadanía activa e a aptitude para o emprego.

Os resultados derivados das reunións do grupo de expertos, así como o proxecto DeSeCo dan lugar a unha recomendación do Parlamento Europeo que

insta aos países membros, que teñen as competencias sobre educación, a desenvolver e incluír as competencias clave no contexto das súas estratexias de aprendizaxe para conformar un marco europeo de referencia (EU, 2006). En España, esta recomendación cúmprese coa introdución das competencias básicas como eixo vertebrador do currículo derivado da LOE. Cabe destacar que aínda que a noción de competencia se introduce nos sistemas educativos a raíz da recomendación da Unión Europea, non é algo novidoso xa que se empregaba nos anos 70 na formación profesional para referirse á capacidade de levar a cabo unha tarefa determinada (Pérez Gómez, 2007).

Existen varias definicións de competencia (e.g. Perrenoud, 1997; Weinert, en OECD, 2001a). Segundo a Unión Europea (2006): “ *A competencia é a combinación do coñecemento, capacidades e aptitudes axeitadas ao contexto que todos as persoas precisan para a súa realización e desenvolvemento persoal, así como para a cidadanía activa, a inclusión social e o emprego*” (UE, 2006, p. L394/13). No currículo de secundaria de Galicia (DOG, 2007) defínese a competencia como: “ *A capacidade de poñer en práctica de forma integrada, en contextos e situacións diversas, os coñecementos, as habilidades e as actitudes persoais adquiridas*” (DOG, 2007, p.12042). Esta definición, que fai fincapé na aplicación de coñecementos a distintas situacións, é a que se ten en conta nesta tese.

Os criterios establecidos para a selección das competencias básicas a incorporar nos sistemas educativos son (UE, 2002):

- a) Deben ser potencialmente beneficiosas para todos os membros da sociedade, é dicir deben ser relevantes para toda a poboación independentemente do xénero, clase, raza cultura, antecedentes familiares e lingua materna.
- b) Deben cumprir cos valores éticos, económicos e culturais e convencións da sociedade.
- c) Deben aplicarse a contextos comúns e situacións coas que os cidadáns se encontrarán ao longo da vida.

As competencias que cumpren estes criterios son oito (UE, 2006):

- Comunicación en lingua materna

- Comunicación en linguas estranxeiras
- Competencia matemática e competencias básicas en ciencias e tecnoloxía
- Competencia dixital
- Aprender a aprender
- Competencia social e cidadá
- Autonomía e iniciativa persoal
- Conciencia cultural e expresión

As oito competencias básicas presentan características comúns (Pérez Gómez, 2007), entre as que destacamos o carácter *holístico e integrado*, o que significa que os coñecementos, capacidades, actitudes e valores non poden entenderse de forma separada; o carácter *contextual* que implica que as competencias se desenvolven vinculadas a diferentes contextos e o carácter *evolutivo*, segundo o cal as competencias se desenvolven e perfeccionan ao longo da vida.

En España, as competencias introducidas na LOE difiren en certa medida das propostas pola Unión Europea. Así as competencias en comunicación en linguas materna e estranxeiras equivalen á competencia en comunicación lingüística. Mentres que a competencia matemática e competencias básicas en ciencias e tecnoloxía divídese en dúas competencias: matemática e competencia no coñecemento e na interacción co mundo físico, que neste traballo chamamos *competencia científica*.

O desenvolvemento das competencias avalíase a nivel internacional no programa PISA, en particular as competencias matemática, científica e comprensión lectora, esta última como parte da competencia en comunicación lingüística. Estas avaliacións realízanse cada tres anos facendo fincapé cada ano nunha competencia determinada. Os resultados deste tipo de avaliacións permiten controlar e predicir o progreso do alumnado de cada país para conseguir resultados de aprendizaxe claves nos tres ámbitos de avaliación. Na avaliación do ano 2006, que se centra nas ciencias desempaquetanse as dimensións da competencia científica, que se abordan no seguinte apartado.

2.3.2 Competencia científica

Segundo a Unión Europea (2006): “*a competencia científica defínese como a capacidade e disposición para utilizar o corpo de coñecemento e metodoloxía utilizada para explicar o mundo natural coa fin de identificar cuestións e establecer conclusións baseadas en probas*”. Esta definición de competencia implica moito máis que a capacidade de recordar información, implica a aplicación do coñecemento e fai referencia tanto ao coñecemento do mundo natural como acerca da propia ciencia. Consideramos que a énfase na aplicación do aprendido é relevante, xa que un dos problemas da aprendizaxe escolar é a incapacidade por parte dunha gran proporción do alumnado para aplicar os coñecementos e destrezas a situacións novas (Crujeiras & Jiménez Aleixandre, 2012).

En España a competencia científica denomínase *competencia no coñecemento e na interacción co mundo físico*, e o Real Decreto de ensinanzas mínimas derivado da LOE defínea como:

“ A habilidade para interactuar co mundo físico, tanto nos aspectos naturais como nos xerados pola acción humana, de tal xeito que se posibilita a comprensión de sucesos, a predición de consecuencias e a actividade dirixida á mellora e preservación das condicións de vida propia, das demais persoas e do resto dos seres vivos ” (BOE, 2007, p. 687)

A habilidade para interactuar co mundo físico implica: a) destrezas para interpretar o mundo, o que esixe a aplicación dos coñecementos científicos; e b) destrezas para desenvolverse con autonomía e iniciativa persoal en distintos ámbitos da vida, o que esixe tomar decisións fundamentadas no coñecemento. (Cañas, Martín-Díaz e Niedo, 2007). Segundo estas autoras, unha persoa que adquiriu a competencia científica é quen de utilizar o coñecemento científico en contextos cotiás, de aplicar os procesos que caracterizan ás ciencias e os seus métodos de investigación, á vez que é consciente do papel da ciencia e a tecnoloxía na sociedade, tanto na resolución de problemas como na orixe de novos interrogantes.

Na avaliación PISA de 2006 (OCDE, 2007) o desenvolvemento da competencia científica inclúe catro características que están relacionadas coa alfabetización científica:

a) O coñecemento científico e o uso que se fai del para identificar cuestións, adquirir novos coñecementos, explicar fenómenos científicos e extraer conclusións baseadas en probas sobre temas relacionados coas ciencias.

b) A comprensión dos rasgos característicos da ciencia, entendida como unha forma do coñecemento e a investigación humanos.

c) A conciencia das formas nas que a ciencia e tecnoloxía moldean o noso entorno material, intelectual e cultural.

d) A disposición a implicarse en asuntos relacionados coa ciencia e a comprometerse coas ideas da ciencia como un cidadán reflexivo.

A adquisición da competencia científica segundo PISA (OECD, 2007) implica o desenvolvemento de tres capacidades ou destrezas:

- 1) Identificar cuestións científicas
- 2) Explicar fenómenos científicamente
- 3) Utilizar probas científicas

Estas tres capacidades, que denominamos "competencias científicas", foron seleccionadas debido á relación que gardan coa práctica científica e á conexión coas destrezas clave como o razoamento inductivo e deductivo, toma de decisións críticas, transformación de datos en táboas e gráficos, construción de argumentos e explicacións baseadas nos datos así como no razoamento a través do uso de modelos.

Como sinalan Jiménez Aleixandre, Bravo e Puig (2009), as tres competencias están interconectadas, xa que por exemplo as cuestións investigables pola ciencia explícanse empregando modelos científicos e os modelos científicos avalíanse utilizando probas.

As competencias científicas relaciónanse coas prácticas da comunidade científica (Jiménez Aleixandre, 2012). Esta autora propón que existe unha correspondencia entre a énfase nas prácticas epistémicas de construción, avaliación e comunicación do coñecemento, abordadas no punto 2.2.2 e a atención

curricular ás competencias científicas. Esta correspondencia non é unha equivalencia: a competencia en explicar fenómenos científicos está estreitamente relacionada coa construción do coñecemento, a competencia en usar probas está relacionada coa avaliación do coñecemento, e a competencia en identificar cuestións científicas e investigalas relaciónase coas tres prácticas de construír, avaliar e comunicar coñecementos.

O obxectivo do desenvolvemento das tres competencias é acadar a *alfabetización científica*, que se define como a capacidade para utilizar o coñecemento científico, identificar cuestións e elaborar conclusións baseadas en probas (OECD, 2001, p. 23).

A noción de alfabetización científica redefínese en cada avaliación PISA, a máis recente correspóndese co borrador de marco de avaliación para o ano 2015 (OECD, 2013). Neste documento, que como o de 2006, se centra na avaliación da competencia científica, caracterízase a alfabetización científica como: “A capacidade de involucrarse en temas relacionados coa ciencia e nas ideas da ciencia como un cidadá reflexivo” (OECD, 2013, p. 7.).

Este documento, que consiste nunha renovación do marco da avaliación de 2006, sinala que a adquisición da alfabetización científica, require ademais do coñecemento sobre os conceptos e teorías científicas, coñecemento sobre os procedementos e prácticas asociadas á indagación científica e como estas permiten que a ciencia avance. Por tanto o desenvolvemento das competencias científicas implica a posta en práctica de tres tipos de coñecemento:

1) *Conceptual*: coñecemento sobre feitos, conceptos, ideas e teorías establecidos pola ciencia sobre o mundo natural.

2) *Procedimental*: coñecemento sobre as prácticas e conceptos nos que se fundamenta a investigación científica, por exemplo a repetición de medidas para minimizar os erros e reducir a incerteza, o control de variables ou os procedementos estándar para representar e comunicar datos.

3) *Epistémico*: coñecemento sobre os procesos esenciais de construción de coñecemento en ciencias, por exemplo a comprensión da función das preguntas, observacións, teorías, hipóteses, modelos e argumentos na ciencia.

Este non é o único cambio con respecto á avaliación de 2006, a terminoloxía relativa ás competencias científicas e algunhas operacións que estas requiren modifícanse de acordo a este novo marco. Así, as tres competencias que se pretenden avaliar son:

- 1) Explicar fenómenos científicos
- 2) Avaliar e deseñar indagacións científicas
- 3) Interpretar datos e probas científicamente

Esta nova concepción das competencias científicas permite relacionalas de forma máis clara coas prácticas científicas propostas no documento do NRC (2012), como se representa na figura 2.2 de elaboración propia.

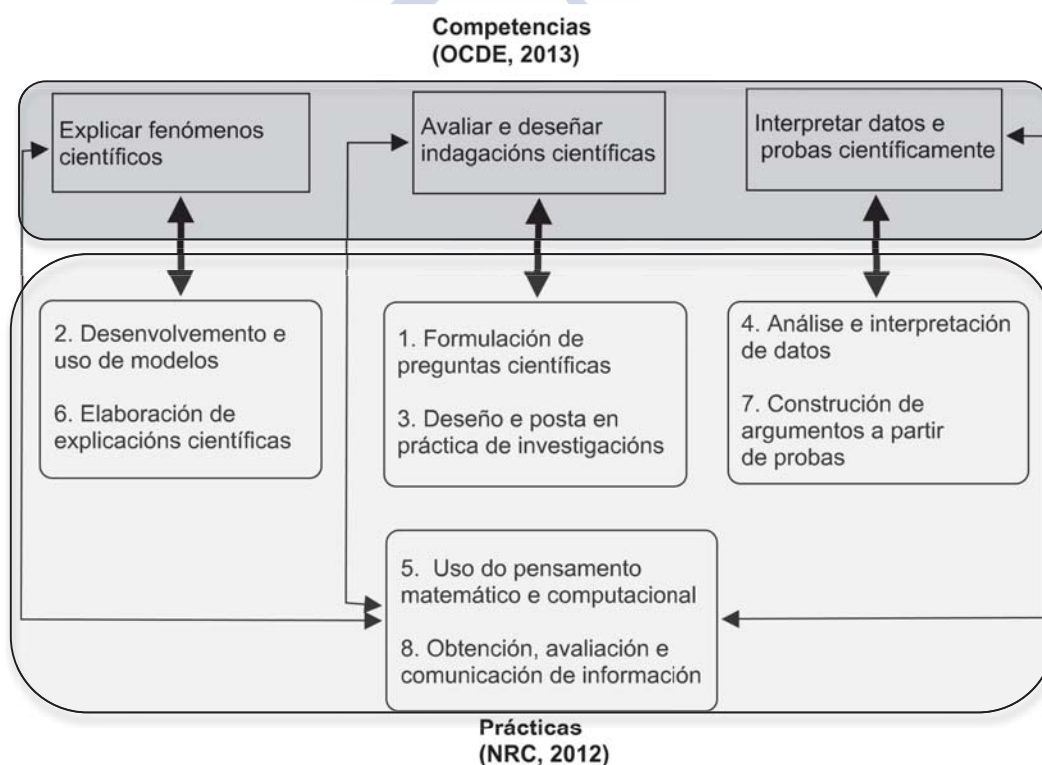


Figura 2.2 Relación entre as competencias científicas e as prácticas científicas.

A competencia en *explicar fenómenos científicos* relaciónase coas prácticas de desenvolvemento e uso de modelos e a elaboración de explicacións científicas. A competencia en *avaliar e deseñar indagacións científicas* equivale ás prácticas de formulación de preguntas científicas e de deseño e posta en práctica de investigacións. A competencia en *interpretar datos e probas* equivale ás prácticas

de análise e interpretación de datos e a construción de argumentos a partir de probas. As prácticas de pensamento matemático e computacional e de obtención, avaliación e comunicación de información son necesarias para tres competencias.

2.3.3 Competencia científica no currículo e na aula de secundaria

A introdución das competencias nos curricula de ciencias, dá lugar a distintas análises e estudos en didáctica das ciencias. Cañas, Martín Díaz e Níeda (2007) analizan o currículo de ciencias da ESO derivado da LOE comparándoo coa concepción da competencia científica no programa PISA. Conclúen que en xeral, os obxectivos, contidos e criterios de avaliación do MEC recollen as capacidades científicas establecidas en PISA, pero existen desequilibrios entre as distintas competencias. Así a explicación de fenómenos é a que máis aparece nos curricula, mentres o uso de probas científicas e a identificación de cuestións científicas están case ausentes.

Como parte da análise do currículo cara a deseñar as tarefas para o alumnado, examinamos a presenza das competencias científicas no currículo da ESO (MEC, 2007) derivado da LOE (Crujeiras e Jiménez-Aleixandre, 2013a), xa que a introdución das competencias é o cambio máis substancial introducido tanto na LOE como no currículo de 2007. O obxectivo do estudo é comparar os criterios de avaliación nos curricula de 2003 (MECD, 2003) no que as competencias non se teñen en conta de forma explícita e o no de 2007 no que estas son o eixo vertebrador. O propósito de analizar os criterios de avaliación e non outros elementos dos curricula como os obxectivos ou contidos débese a que consideramos que os criterios son os que teñen maior influencia no ensino.

Para a análise dos curricula examinamos o contido dos criterios de avaliación ao principio e final da escolaridade obrigatoria: ciencias naturais de 1º de ESO e física e química de 4º. Neste último curso non analizamos os criterios de bioloxía e xeoloxía de 4º de ESO porque teñen características similares aos de física e química. A rúbrica baséase na análise de contidos dos criterios de avaliación en termos de: a) significado xeral ou específico, examinando se o significado de cada criterio está desempaquetado ou non en función dos

desempeños que se esperan do alumnado; b) contexto académico ou relacionado coa vida cotiá, examinando o tipo de contexto que implican os criterios, e c) a presenza das competencias científicas en cada criterio. Os resultados da análise resúmense na táboa 2.2.

Categorías	1º ESO		4º ESO	
	2003 (N=10)	2007 (N=8)	2003 (N=12)	2007 (N=8)
Xeral versus específico	8X/2E	8E	8X/4E	8E
Contexto: académico versus vida cotiá	10A	2A/6VC	7A/5VC	2A/6VC
Competencias				
Identificar cuestións científicas	-	2	-	-
Explicar fenómenos científicamente	2	4	4	5
Utilizar probas científicas	1	3	-	3
Total	3	9	4	8

Táboa 2.2 Análise da presenza das competencias nos curricula.

Lenda: X: xeral; E: específico; A: académico, VC: vida cotiá

Como se resume na táboa 2.2 en 2003 oito dos 10 criterios de avaliación en 1º de ESO e sete de 12 en 4º están formulados en termos xerais, mentres que en 2007 todos os criterios para ambos cursos están detallados. Na figura 2.3 reproducense dous exemplos de criterios de avaliación de contidos similares para 4º de ESO.

MECD (2003)	MEC (2007)
12. Escribir fórmulas sencillas de los compuestos de carbono, distinguiendo entre compuestos saturados e insaturados.	6. Justificar la gran cantidad de compuestos orgánicos existentes así como la formación de macromoléculas y su importancia en los seres vivos. Se trata de evaluar que los estudiantes comprenden las enormes posibilidades de combinación que presenta el átomo de carbono siendo capaces de escribir fórmulas desarrolladas de compuestos sencillos. Asimismo, deberá comprobarse que comprenden la formación de macromoléculas, su papel en la constitución de los seres vivos y el logro, que supuso la síntesis de los primeros compuestos orgánicos frente al vitalismo en la primera mitad del siglo XIX.

Figura 2.3 Criterio de avaliación xeral fronte a específico

A diferenza entre estes dous criterios non é só a extensión. O segundo parágrafo no criterio de 2007 proporciona información concreta ao profesorado sobre os desempeños que se esperan do alumnado. Neste criterio, o alumnado, ademais de escribir fórmulas, ten que xustificar, en base ás características que

presenta o átomo de carbono, a gran cantidade de compostos orgánicos existentes. A énfase na comprensión do coñecemento tamén é importante neste criterio de 2007, xa que se fai fincapé sobre o papel das macromoléculas orgánicas nos seres vivos e fai referencia á historia da ciencia cun exemplo sobre o vitalismo.

A segunda categoría analizada é o contexto, diferenciando entre académico ou científico e relacionado coa vida cotiá. En 2003, todos os criterios para 1º de ESO e sete de 12 en 4º están formulados nun contexto académico. En 2007 identificamos o contexto académico en dous criterios e o contexto da vida cotiá en seis tanto para 1º como para 4º de ESO. Un exemplo desta categoría resúmese na figura 2.4.

MECD (2003)	MEC (2007)
2. Identificar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, generen o no movimiento, y explicar las leyes de la Dinámica a las que obedecen. Determinar la importancia de la fuerza de rozamiento en la vida real. Dibujar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en movimiento, justificando el origen de cada una, e indicando las posibles interacciones del cuerpo en relación con otros cuerpos.	2. Identificar el papel de las fuerzas como causa de los cambios de movimiento y reconocer las principales fuerzas presentes en la vida cotidiana. Pretende constatar si el alumnado comprende que la idea de fuerza, como interacción y causa de las aceleraciones de los cuerpos, cuestiona las evidencias del sentido común acerca de la supuesta asociación fuerza-movimiento, si sabe identificar fuerzas que actúan en situaciones cotidianas, así como el tipo de fuerza, gravitatoria, eléctrica, elástica o las ejercidas por los fluidos y reconoce cómo se han utilizado las características de los fluidos en el desarrollo de tecnologías útiles a nuestra sociedad, como el barómetro, los barcos, etc.

Figura 2.4 Contexto académico ou científico versus relacionado coa vida cotiá.

O exemplo da figura 2.4 ilustra as diferenzas entre unha mención á “vida real” no criterio de 2003 de forma abstracta, e o recoñecemento das conexións entre o coñecemento científico e os avances tecnolóxicos no criterio de 2007.

Respecto á presenza das competencias científicas, en 2003 poucos criterios de avaliación inclúen aspectos relacionados con elas, tendo en conta que o número de criterios é maior que en 2007 (10 fronte a oito en 1º e 12 fronte a oito en 4º de ESO). Hai que ter en conta ao valorar este resultado que en 2003 non se publicara aínda a recomendación da Unión Europea de incorporar as competencias nos sistemas educativos, aínda que xa se avaliaban en PISA desde o ano 2000.

A competencia que aparece con maior frecuencia en ambos curricula é a de explicar fenómenos científicamente. Usar probas científicas incorpórase en varios

criterios en 2007 (aínda que aparece implícitamente en moitos casos) pero só aparece unha vez en 2003. Identificar cuestións científicas abórdase na sección de contidos no currículo de 2007, pero non nos criterios de avaliación.

Un exemplo da análise realizada represéntase na figura 2.5 na que se comparan dous criterios de avaliación que fan referencia a contidos similares nos curricula de 2003 e 2007 para 1º de ESO.

MECD (2003)	MEC (2007)
7. Explicar las características físicas y químicas da Terra, facendo notar su incidencia en el origen, desarrollo y mantenimiento de la vida	5. Conocer la existencia de la atmósfera y las propiedades del aire, llegar a interpretar cualitativamente fenómenos atmosféricos y valorar la importancia del papel protector de la atmósfera para los seres vivos, considerando las repercusiones de la actividad humana en la misma. El alumno ha de ser capaz de obtener y analizar datos de distintas variables meteorológicas utilizando instrumentos de medición que le permitan familiarizarse con estos conceptos hasta llegar a interpretar algunos fenómenos meteorológicos sencillos. Se valorará también el conocimiento de los graves problemas de contaminación ambiental actuales y sus repercusiones, así como su actitud positiva frente a la necesidad de contribuir a su solución.

Figura 2.5 Criterios de avaliación para ciencias da natureza de 1º de ESO en 2003 e 2007.

Os exemplos implican distintas estratexias para a avaliación das competencias. En 2003 os estudantes teñen que discutir a influencia das características da Terra na orixe, desenvolvemento e mantemento da vida, o que se relaciona coa explicación de fenómenos mediante modelos científicos. En 2007 teñen que interpretar distintos fenómenos atmosféricos, o que se relaciona coa mesma competencia. Tamén teñen que obter e analizar datos utilizando instrumentos de medición, o que se relaciona coa competencia en identificar fenómenos científicos, así como utilizar os datos obtidos para interpretar algúns fenómenos meteorolóxicos sinxelos, o que consideramos que se relaciona coa competencia en utilizar probas científicas.

Os resultados da análise indican que hai diferenzas importantes entre os criterios de avaliación de 2003 e 2007. O documento de 2007 incorpora as competencias de forma sustantiva, é máis específico e presta máis atención ao

contexto da vida cotiá. Estos cambios son coherentes coas orientacións para a introdución das materias de ciencias dirixidas a:

“Facilitar a todas as persoas unha alfabetización científica que faga posible a familiarización coa natureza e as ideas básicas da ciencia e que axude á comprensión dos problemas, aos que poden contribuír os avances tecnocientíficos, facilitando actitudes responsables dirixidas a sentar as bases dun desenvolvemento sostible” (MEC, 2007, p. 690/691).

Ademais destes estudos teóricos sobre o currículo realizáronse investigacións sobre a posta en práctica de actividades deseñadas para contribuír ao desenvolvemento das competencias científicas. En España gran número delas realizáronse dentro do programa de investigación do departamento de didáctica das ciencias experimentais da USC. Un exemplo é o estudo realizado por Blanco Anaya e Díaz de Bustamante (2014), que analiza o proceso de razoamento de alumnado de secundaria en termos de uso de datos e probas durante o proceso de resolución dunha actividade que require a interpretación dun conxunto de marcas que simulan unha secuencia complexa de fósiles ou icnitas. Estes autores sinalan que este tipo de actividades permiten ao alumnado desenvolver a competencia argumentativa.

Bravo (2012) examina o desenvolvemento da competencia científica, en particular das dimensións de uso de probas científicas e explicación de fenómenos científicos no contexto da xestión de recursos mariños. Esta autora utilizou os niveis de complexidade establecidos para a competencia de uso de probas científicas, para elaborar unha proposta de progresión de aprendizaxe dos estudantes nesta competencia.

Blanco, España e Rodríguez (2012) elaboran unha unidade didáctica sobre o consumo de auga embotellada e analizan os aspectos das competencias científicas que permite traballar, por exemplo recoñecer cuestións sobre a auga embotellada susceptibles de ser investigadas científicamente, interpretar datos e probas científicas para elaborar conclusións.

Puig (2013) examina a competencia de uso de probas en alumnado de secundaria e as dificultades que presenta o seu desempeño en distintos contextos

argumentativos sobre o tema da expresión dos xenes. Esta autora sinala que as operacións de uso de probas están influenciadas polo contexto argumentativo, xa que identifica dimensións diferentes en cada contexto.

Os estudos sobre a competencia en identificar (e investigar) cuestións científicas, que se aborda no seguinte apartado, son máis escasos.

2.3.4. Competencia en identificar e investigar cuestións científicas

A primeira vista a competencia en identificar cuestións científicas implica recoñecer cuestións susceptibles de ser investigadas científicamente, identificar termos clave para a búsqueda de información científica e recoñecer os rasgos clave da investigación científica. Desenvolver esta competencia require algo máis que recoñecer cuestións susceptibles de ser investigadas, xa que cando se analiza a escala de niveis dos desempeños do alumnado para esta dimensión detallada no informe PISA de 2006, identifícanse operacións relacionadas coa realización da investigación científica. Entre as operacións recóllense por exemplo identificar as variables que deben ser controladas nunha investigación e articular métodos para conseguir ese control (nivel 6), identificar as variables que hai que cambiar e medir nunha investigación nunha ampla variedade de contextos (nivel 5) ou deseñar investigacións nas que as relacións entre os elementos son sinxelas e carecen de abstracción apreciable (nivel 4). Por tanto esta competencia científica implica tamén deseñar investigacións. No marco da avaliación PISA para o ano 2015 (OECD, 2013) faise fincapé, de forma explícita, no carácter investigativo desta competencia e denomínase *competencia en avaliar e deseñar indagacións científicas*.

Esta nova concepción da competencia require que o alumnado describa e avalíe investigacións científicas e propoña solucións a preguntas científicas demostrando a capacidade para (OECD, 2013):

- a) Identificar a cuestión explorada nun estudo científico determinado
- b) Distinguir cuestións que poden ser investigadas científicamente
- c) Propoñer unha forma de explorar científicamente unha cuestión determinada

d) Avaliar formas de investigar científicamente unha cuestión determinada

e) Describir e avaliar un conxunto de formas que os científicos empregan para garantir a fiabilidade dos datos e a obxectividade e xeneralización das explicacións.

A proposta realizada nesta tese para o desenvolvemento da competencia científica enmárcase na concepción da competencia en identificar cuestións científicas como a capacidade para deseñar e avaliar investigacións.

Aínda que, como se menciona no punto 2.3.3., existen distintos estudos sobre o desenvolvemento das competencias científicas en aulas de secundaria, son escasos os que analizan o desenvolvemento da competencia en identificar cuestións científicas. Sanmartí e Márquez (2012) analizan as dificultades que o alumnado encontra para plantexar preguntas investigables científicamente a partir de textos con contidos científicos procedentes de periódicos, revistas e internet, da historia da ciencia, de actividades experimentais e de actividades de lápiz e papel. Estas autoras encontraron que o alumnado ten máis dificultades en formular unha pregunta investigable científicamente cando o texto trata un problema xeral que cando se indican posibles variables a ter en conta.

En canto a estudos relativos ao desenvolvemento do deseño e posta en práctica de investigacións polo alumnado, Chang et al. (2011) elaboran e validan instrumentos que permitan a avaliación das destrezas de investigación, por exemplo propoñer deseños factibles para resolver a cuestión, manipular as variables relacionadas co deseño ou controlar as variables externas que podan interferir no deseño. Consideramos que estudos como o de Chang et al. (2011) aportan poucos datos reais sobre a adquisición da competencia científica xa que pensamos que é preciso avaliála na posta en práctica (Crujeiras & Jiménez, 2012a) e dentro dun continuo (Pedrinaci, 2012). A investigación levada a cabo nesta tese, que analiza o desenvolvemento da competencia científica a través de actividades de laboratorio nas que o alumnado ten que deseñar e poñer en práctica investigacións ao longo de dous cursos académicos consecutivos, pretende contribuír a encher ese oco. Consideramos que este tipo de actividades constitúen un contexto idóneo para aplicar coñecementos e traballar as operacións

características da indagación científica, o que se aborda no seguinte apartado.

2.4 Indagación no laboratorio

As actividades de laboratorio permiten desenvolver as prácticas científicas e tamén promover a aprendizaxe das ciencias e sobre a indagación (en inglés *inquiry*) científica (Högstrom, Ötander & Benckert, 2010). Constitúen unha parte central do ensino e aprendizaxe das ciencias xa que, cando están deseñadas como indagacións, requiren que o alumnado empregue o coñecemento teórico para resolver problemas prácticos.

O termo *indagación* ten distintos significados. DeBoer (2004) utiliza a indagación para facer referencia aos procesos xerais de investigación que empregan os científicos para resolver cuestións sobre o mundo natural. No documento do NRC (1996) defínese a indagación como: “*As diversas formas nas que os científicos estudan o mundo natural e propoñen explicacións baseadas nas probas derivadas do seu traballo*” (NRC, 1996, p.23). Os procesos de indagación implican a realización de operacións características como a observación, establecemento de preguntas, planificación de investigacións, o uso de ferramentas para recoller, analizar e interpretar datos, a proposta de respostas, explicacións e predicións e a comunicación de resultados.

En contextos educativos, a indagación, segundo o documento do NRC (2000), emprégase para facer referencia:

1) Ás destrezas que o alumnado debería desenvolver para ser quen de deseñar e levar a cabo investigacións científicas e aos coñecementos que deberían adquirir sobre a natureza da indagación científica.

2) Ás estratexias de ensino e aprendizaxe que permiten ensinar os conceptos científicos a través das investigacións.

Nesta tese examínanse tanto as destrezas a desenvolver polo alumnado como as estratexias docentes. Non son obxecto da tese os coñecementos explícitos do alumnado sobre a natureza da indagación científica indicado na primeira dimensión, aínda que o desempeño das operacións epistémicas conleva en certa medida o coñecemento implícito como se discute noutros apartados.

2.4.1 Antecedentes: Incorporación da indagación aos curricula de ciencias

As ciencias introdúcense nos curricula de educación secundaria arredor da segunda metade do século XIX debido aos esforzos de científicos, como Huxley en 1899 e Spencer en 1864, para promover o valor da ciencia no desenvolvemento intelectual (DeBoer, 2004). Algunhas dimensións relevantes dos distintos enfoques adoptados no ensino das ciencias desde a súa incorporación nos curricula até as perspectivas actuais resúmense na figura 2.6 (elaboración propia).

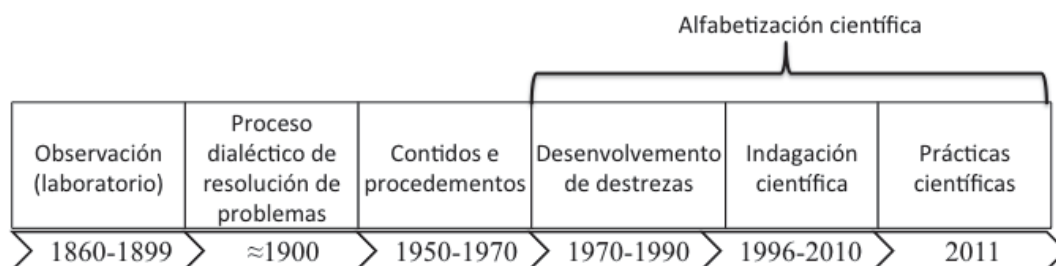


Figura 2.6 Dimensións dos distintos enfoques no ensino das ciencias ao longo da historia.

Huxley propón que a formación científica (*scientific training*) pon en contacto directo a mente cos feitos e permite elaborar conclusións a partir de feitos concretos derivados da observación directa da natureza. Spencer considera que o laboratorio debería proporcionar ao alumnado oportunidades para desenvolver unha concepción clara dos fenómenos naturais. Este autor, igual que Eliot en 1898, sinala que a aprendizaxe que se realiza no laboratorio non se pode conseguir a través dos libros. A pesar das manifestacións dos científicos sobre os beneficios da aprendizaxe das ciencias no laboratorio, os métodos baseados no libro de texto seguen dominando as estratexias docentes mesmo no século XX.

A principios do século XX, a didáctica das ciencias comeza a interesarse polo labor social da ciencia. Dewey (1918) sinala que o ensino da ciencia da época pon demasiado énfase na acumulación de información e non na idea de Ciencia como forma de pensar. Así, desenvolve un modelo de ensino no que o

estudiante se implica activamente e o docente ten o rol de guía. Dewey (1918) caracteriza a indagación como un proceso dialéctico que emerxe de situacións problemáticas co obxectivo de acadar a súa resolución. Segundo Dewey (1938), os problemas obxecto de estudo teñen que estar relacionados coas experiencias dos estudantes e ao alcance das súas capacidades intelectuais. Con isto, os estudantes convértense en aprendices activos na búsqueda de respostas. A pesar destas propostas pioneiras de Dewey o ensino das ciencias segue baseándose no estudo dos libros de texto aínda que algúns proxectos educativos adoptan a perspectiva do desenvolvemento do pensamento científico a través da práctica.

En España a Institución Libre de Enseñanza é a pioneira das novas formas de ensinar, sendo a figura máis coñecida Giner de los Ríos, quen propoñía a principios do século XX transformar a escola primaria nun laboratorio de investigación persoal e substituír o exame final por un exame constante, similar á avaliación continua (Jiménez Aleixandre, 2003).

Durante os anos 1950 e 1970 lévase a cabo unha reforma en didáctica das ciencias, que considera que as ideas principais das disciplinas deberían ensinársese a través de investigacións que reflectisen a forma na que os científicos producen novo coñecemento. Nesta perspectiva, a indagación científica sería o modelo no cal se debe basear o ensino e aprendizaxe das ciencias.

Schwab (1960) considera que os contidos e procedementos científicos están interconectados, co cal son inseparables á hora de ensinalos. Polo tanto a Ciencia debía ensinársese de forma consistente coa forma de operar da Ciencia moderna, polo que anima ao profesorado de ciencias a empregar o laboratorio para axudar aos estudantes no estudo dos conceptos científicos. En 1966 propón a metodoloxía “indagación na indagación” (*enquiry into enquiry*), que consiste en proporcionar lecturas, informes ou libros sobre investigacións aos estudantes co obxectivo de facelos participar en discusións sobre os problemas, datos, interpretación de datos e as conclusións establecidas polos científicos.

A partir de 1970 a didáctica das ciencias pasa de interesarse polo estudo disciplinar á preocuparse pola preparación do alumnado para desenvolver destrezas que lle permitan participar de forma efectiva no mundo científico

(DeBoer, 2004). O propósito do ensino das ciencias pasa a ser a *alfabetización científica* do alumnado. Nesta perspectiva, o ensino da ciencias céntrase na ciencia como produto social e cultural, na relación entre ciencia e tecnoloxía e en preparar ao alumnado para utilizar o coñecemento científico para resolver os problemas que encontren na vida cotiá. Dentro deste enfoque xorde o Proxecto 2061 (AAAS, 1995) co propósito de reformar a educación secundaria, que recomenda que o ensino das ciencias debería ser consistente coa natureza da indagación científica. Neste proxecto establececése as referencias específicas para o ensino de indagación como un contido.

En 1996 publícase en Estados Unidos o documento curricular para o ensino das ciencias (National Science Education Standards, NSES), no que se considera a indagación como un proceso clave para acadar a alfabetización científica e recoméndase utilizar este enfoque para o ensino e aprendizaxe das ciencias.

En 2012 aparece un novo documento do NRC no que se promove o ensino das ciencias a través da participación do alumnado nas prácticas científicas, xa abordadas na sección 2.2.3. Nesta nova recomendación, a indagación concíbese como un dos procesos que permiten ao alumnado participar nas prácticas científicas.

En España, as operacións características da indagación non aparecen de foma explícita até a entrada en vigor do currículo de ciencias derivado da LOE (MEC, 2006). Nos curricula anteriores faise referencia á aprendizaxe dos procedementos da ciencia (MEC, 1991) e ao método científico e as súas etapas (MECD, 2001). No decreto de currículo derivado da LOE para Galicia, o bloque 1 de contidos inclúe para todos os cursos da educación secundaria obrigatoria a:

“Utilización de estratexias propias do traballo científico, mediante a proposta de sinxelas investigacións para a resolución de situacións problema, discusión do seu interese, identificación de variables que interveñen, formulación dalgunha hipótese de traballo, seguimento dunha planificación na posta en práctica, recollida organizada dos datos, interpretación dos resultados e comunicación das conclusións”
(DOG 2007, p.12057).

Segundo o decreto, esta familiarización permitirá comprender mellor os fenómenos naturais e resolver os problemas que presenta o seu estudo.

2.4.2 Ensino e aprendizaxe a través da indagación

Algúns dos propósitos do ensino das ciencias baseado na indagación son conseguir que os estudantes se involucren máis nas clases de ciencias, comprendan mellor os contidos científicos, acaden mellores resultados nos exames de ciencias e aumentar a proporción dos que escollen carreiras universitarias do ámbito científico (Osborne & Dillon, 2008). Fomentar a participación do alumnado na indagación científica implica a súa participación nas prácticas discursivas e de razoamento dos científicos, mais non necesariamente nas actividades exactas dos científicos profesionais (Reiser et al, 2001). A pesar de que existen coincidencias, a indagación escolar non pode ser totalmente equiparable á indagación científica, xa que hai moitas características que non comparten, como por exemplo que a indagación escolar non pode incorporar todos os elementos auténticos nunha clase de cincuenta minutos (Grandy & Duschl, 2007), ou que os procesos cognitivos que se precisan para resolver moitas destas tarefas son xeralmente diferentes aos que se precisan na investigación científica (Chinn & Malhotra, 2002).

Nas recomendacións para o ensino das ciencias (NRC, 1996) establécense tres dimensións para a indagación escolar:

a) A capacidade dun individuo para levar a cabo a indagación científica, que implica realizar e identificar preguntas, planificar e deseñar experimentos, utilizar datos e conectalos con explicacións;

b) O coñecemento sobre como os científicos realizan o seu traballo, é dicir darse conta de que os científicos realizan preguntas, levan a cabo diferentes tipos de investigacións e producen explicacións baseadas en observacións.

c) O ensino baseado na indagación que implica a capacidade dun individuo para utilizar a indagación como metodoloxía de ensino na aula. Así, as dúas primeiras definicións perseguen fins educativos e a última pedagóxicos.

Esta tese céntrase en dúas das tres dimensións propostas: na capacidade para

levar a cabo a indagación científica a través da secuencia de actividades que empregamos no estudo, na que o alumnado participa no deseño e posta en práctica de experimentos. E no ensino baseado na indagación, a través da análise das estratexias docentes que fomentan a indagación no alumnado.

Segundo o documento do NRC (2000) as características da indagación científica que se trasladan á aula son cinco, nas cales o alumnado:

- 1) Está involucrado nunha cuestión científica
- 2) Da prioridade ás probas para responder á pregunta científica
- 3) Emprega probas para construír unha explicación
- 4) Conecta as explicacións co coñecemento científico
- 5) Comunica e xustifica as explicacións

Para que o alumnado participe nestes procesos, precisa desenvolver unha serie de destrezas (NRC, 1996), por exemplo identificar as preguntas e conceptos que guían as investigacións científicas, deseñar e implementar investigacións, formular e revisar explicacións científicas e modelos utilizando a lóxica e as probas, recoñecer e analizar explicacións e modelos alternativos, ou comunicar e defender un argumento científico. Estas destrezas, que coinciden con algunhas operacións da competencia científica, denomínanse *destrezas de indagación*.

O ensino das ciencias a través da indagación implica proporcionar aos estudantes oportunidades variadas para comprender e desenvolver as destrezas da indagación científica á vez que aprenden os contidos de ciencias (Bybee, 2000). Este enfoque está considerado, tanto pola comunidade científica internacional como polas autoridades da Unión Europea, como un aspecto de gran importancia para acadar a alfabetización científica. Segundo Grey (2012) o ensino baseado na indagación require a participación activa dos estudantes no proceso de aprendizaxe, o uso de procedementos epistemolóxicamente auténticos, a interacción e colaboración social, ambientes de aprendizaxe deseñados para promover a construción de significados e o desenvolvemento gradual de destrezas.

A través desta perspectiva os estudantes desenvolven conceptos que lles permiten comprender os aspectos científicos do mundo que lles rodea mediante o

seu propio pensamento, utilizando o razoamento crítico e lóxico sobre as probas que van recollendo. O papel dos docentes é o de guiar aos estudantes no desenvolvemento das destrezas necesarias para a indagación e comprensión do coñecemento científico a través da súa propia actividade e razoamento (Artigue, Dillon, Harlen & Léna, 2012).

Anderson (2002) sinala que os roles de alumnado e profesorado durante a indagación son diferentes dos adoptados na dinámica habitual das aulas. Estes roles detállanse na táboa 2.3.

Rol do docente	Rol do alumnado
Axuda ao alumnado a procesar información	Procesa información
Comunícase cos grupos	Interpreta, explica e emite hipóteses
Instrúe as accións do alumnado	Deseña actividades
Facilita o razoamento do alumnado	Comparte a autoridade nas respostas
Modeliza o proceso de aprendizaxe	
Uso flexible de materiais didácticos	

Táboa 2.3 Roles do docente e alumnado no enfoque indagativo (de Anderson, 2002).

No ensino baseado na indagación o docente pasa de ser proveedor de coñecemento a facilitador e mediador de coñecemento. O alumnado pasa de ser un receptor pasivo a un aprendiz auto-dirixido (*self-directed learner*), en vez de memorizar, procesa e interpreta a información que recibe e emprégaa para explicar nova información. O enfoque indagativo presenta dúas dimensións (Rutherford, 1964):

1) A indagación considerada como parte do contido científico, é dicir, existe unha pauta de indagación característica de cada disciplina científica e o conxunto de patróns forman unha parte integral da ciencia.

2) A indagación considerada como unha técnica ou estratexia particular para aprender determinados contidos científicos.

Nesta tese centrámonos na segunda dimensión, aprender os contidos da ciencia, neste caso de química a través da indagación no laboratorio.

2.4.3 A indagación a través dos traballos prácticos de laboratorio

As actividades de laboratorio, ou traballos prácticos, axudan aos estudantes a construír novo coñecemento, desenvolver destrezas de indagación e de resolución de problemas. Os traballos prácticos constitúen unha das actividades máis importantes no ensino das ciencias por permitir unha gran variedade de obxectivos, entre eles a familiarización, observación e a interpretación dos fenómenos que son obxecto de estudo nas clases de ciencias, a aprendizaxe do manexo de instrumentos e técnicas de laboratorio ou a aplicación de estratexias de investigación para a resolución de problemas (Caamaño, 2012).

Hodson (1998) propón que o alumnado, a través das actividades de laboratorio acada tres tipos de aprendizaxe:

1. Mellorar a comprensión conceptual sobre o que se está estudando.
2. Perfeccionar o coñecemento procedimental, aprender máis sobre experimentación e estudos correlacionais e adquirir unha comprensión máis sofisticada da observación experimental e das teorías.
3. Aumentar a súa experiencia como investigadores.

Hofstein (2004) sinala que este tipo de actividades presentan un gran potencial para promover actitudes positivas e proporcionar oportunidades para desenvolver destrezas de comunicación e cooperación. Estes efectos non son inmediatos senón, como indican Barron et al (1998), pódense acadar se se lles proporciona aos estudantes suficiente tempo e oportunidades para interaccionar, reflexionar, explicar e modificar as súas ideas.

Non todas as actividades de laboratorio permiten que o alumnado leve a cabo as aprendizaxes mencionadas arriba, senón que dependen dos obxectivos que se perseguen con cada unha e da estrutura das mesmas. Existen varias clasificacións das actividades de laboratorio (e.g. Caamaño, 2012; Domin, 1999; Windschitl, 2003). Domin (1999) elabora unha taxonomía para os estilos de instrución existentes no laboratorio en función do obxectivo perseguido, a metodoloxía e o procedemento empregado en cada estilo. Segundo esta taxonomía as actividades de laboratorio poden ser de tipo *expositivo*, de *descubrimiento*,

baseadas na *resolución de problemas* e de *indagación*. Para este autor, as actividades de indagación son menos guiadas que as de tipo expositivo e os estudantes son os responsables de determinar o procedemento a utilizar para resolver a tarefa, de predicir os resultados, e de levar a cabo a investigación.

Windschitl (2003) elabora unha clasificación das actividades de laboratorio nun continuo en función do grao de independencia que se lles dá aos estudantes para preguntar e responder cuestións. Así, no nivel máis baixo de indagación sitúanse as *experiencias de confirmación*, nas cales os estudantes verifican un principio científico coñecido seguindo un procedemento dado. A continuación atópanse os procesos de *indagación estruturada*, nos cales o profesor presenta unha cuestión aos estudantes da que non coñecen o resultado e dáselle tamén o procedemento o seguir para atopar a solución á cuestión. Nun nivel intermedio sitúase a *indagación guiada*, na cal o profesor propón un problema a investigar, pero son os estudantes os que teñen que elaborar un método (ou deseño) para resolver o problema. E no nivel máis elevado atópase a *indagación aberta ou independente*, na cal os estudantes son os que establecen o problema a investigar e desenhán a investigación a levar a cabo para resolvelo.

Caamaño (2012) clasifica os traballos prácticos en tres tipos: *experiencias*, que se empregan para familiarizar ao alumnado cos fenómenos, ilustrar principios ou dar oportunidade para predicir e explicar fenómenos. *Exercicios prácticos*, que consisten en actividades deseñadas para aprender determinados procedementos ou destrezas ou para realizar experimentos que ilustren ou corroboren a teoría. E as *investigacións*, que están deseñadas para dar ao alumnado a oportunidade de traballar como o fan os científicos na resolución de problemas e familiarizarse co traballo científico.

Tendo en conta as clasificacións de traballos prácticos mencionadas, esta tese emprega actividades de indagación guiada de Windschitl que equivalen ás investigacións propostas por Caamaño (2012). Este tipo de actividades son recomendadas por moitos autores da didáctica das ciencias. Para Gil (1993) o ensino das ciencias a través de investigacións permite ao alumnado participar na construción do seu propio coñecemento. Gott e Dugan (1995) entenden os

traballos prácticos propostos como investigacións como os máis coherentes coa produción do coñecemento e os que proporcionan ao alumnado a oportunidade de familiarizarse co traballo científico. Högstrom, Ötander e Beckert (2010) subliñan que o obxectivo que se persegue con este tipo de actividades, desde o punto de vista da didáctica das ciencias experimentais, é promover nos estudantes a aprendizaxe da ciencia e da indagación científica.

Para que as actividades de laboratorio sexan efectivas, é dicir, para acadaren os obxectivos que se perseguen co enfoque indagativo, suxírese que as tarefas a realizar polos estudantes estean deseñadas como problemas auténticos (Chinn & Malhotra, 2002). As actividades auténticas presentan, segundo Jiménez Aleixandre (2010), características como:

- a) Constitúen problemas, non cuestións retóricas cunha solución obvia.
- b) Son relevantes para as vidas dos estudantes, xa que están situadas nun contexto próximo á súa experiencia.
- c) Teñen un grao de apertura, con varias respostas posibles (potencialmente) ou camiños experimentais.
- d) Precisan que os estudantes tomen parte nas prácticas científicas, como a formulación de hipóteses, o contraste das mesmas con probas, a argumentación ou a modelización.

Lee e Songer (2003) sinalan que as actividades auténticas son importantes para promover a indagación xa que proporcionan contextos reais de solución de problemas con elevados grados de complexidade. Chinn e Malhotra (2002) propoñen un marco teórico para avaliar as tarefas de indagación en termos de correspondencia co traballo científico, xa que moitas tarefas que se plantexan nas escolas non reflicten os atributos centrais do auténtico razoamento científico.

A pesar de que existen actividades de laboratorio na investigación en didáctica das ciencias que se presentan como auténticas ou de indagación, en moitas o alumnado ten que seguir un procedemento preestablecido para resolvelas. Por exemplo, Cheung (2005) diseña e leva a cabo unha actividade para avaliar a efectividade de varias pastas de dentes na prevención da caries. O alumnado, distribuído en pequenos grupos, ten que avaliar o efecto dos ións

fluoruro na velocidade de caída dos dentes. Para simular os dentes empregaron cáscaras de ovo, que son ricas en carbonato cálcico, mentres que o ácido clorhídrico utilízase para simular o estado no que se atopan os dentes despois de comer alimentos doces ou ácidos. Para resolver a actividade os estudantes teñen que levar a cabo unha proba para comprobar os efectos de distintas marcas comerciais de pasta de dentes. A pesar da orixinalidade da actividade, o alumnado precisa levar a cabo unha serie de pasos xa establecidos no guión, o que diminúe o seu grao de participación nas operacións de indagación.

Neilson, Campbell e Allred (2010) empregan a indagación baseada en modelos (Model-based-inquiry), xa que consideran este enfoque máis coherente co traballo dos científicos. Con esta estratexia os estudantes de educación secundaria teñen que construír un modelo para demostrar o grao de comprensión sobre concepto de flotabilidade. A través do desenvolvemento do modelo os estudantes emiten hipóteses para construír explicacións máis sofisticadas do mundo natural. O desenvolvemento do modelo implica que os estudantes teñan que tomar todas as decisións que precisen para desenvolver o experimento, desde os conceptos teóricos a considerar ata as destrezas científicas (diseño experimental, emisión e contraste de hipóteses, interpretación de resultados).

Outro estudo de actividades de indagación para a educación secundaria é o levado a cabo por Bowles, Saroka, Archer e Bonassar (2012). A actividade, centrada na enxeñería de tecidos, require que o alumnado empregue hidroxelos de alxinato para explorar a relación entre o enlace químico e as propiedades dos materiais. O alumnado ten que elaborar un modelo que explique a interacción entre as febras de alxinato e outras disolucións empregando a estrutura dos alxinatos proporcionada no guión da actividade, e deseñar un experimento para comprobar a eficacia do modelo proposto.

A pesar das recomendacións sobre a realización de actividades de indagación, nas aulas de secundaria e libros de texto predominan as experiencias de confirmación, nas que o alumnado segue unha serie de pasos para comprobar unha teoría estudada previamente na aula. Estas actividades denomínanse tamén “actividades-receita” (e.g. Hodson, 1990; Van der Valk & De Jong, 2009;

Windschitl, 2003). Coincidimos con Hodson (1990) en considerar que o traballo práctico tal e como se leva a cabo en moitas escolas é escasamente productivo, xa que proporciona pouco valor educativo real. Este autor considera que para espertar o interese en calquera tipo de indagación, así como para descubrir algo, precísase traballar dentro dun marco teórico existente, onde as consideracións teóricas precedan á indagación experimental. Isto pode conseguirse propoñendo actividades que demanden ao alumnado o deseño da investigación a realizar, xa que esta require que mobilice tanto coñecementos teóricos como destrezas (Crujeiras & Jiménez, 2012b).

Consideramos que o motivo fundamental polo que as actividades de indagación no laboratorio non predominan nas aulas é o conxunto de dificultades que implica o uso deste enfoque. As principais dificultades abórdanse no seguinte apartado.

2.4.4 Dificultades para a introdución da indagación na aula

A pesar dos beneficios que supón empregar a indagación nos procesos de ensino e aprendizaxe, non se utiliza de forma xeralizada nas aulas de secundaria, xa que presenta dificultades tanto para o alumnado como para o docente (Krajcik et al, 2000). Algunhas das dificultades máis importantes que presenta para o alumnado resúmense na táboa 2.4.

Autores	Dificultades en
Austin, Holding, Bell & Daniels (1991)	Uso de probas
Krajcik et al. (1998)	Deseño de investigacións
Zimmerman (2000)	Deseño de investigacións; toma de datos
Masnick & Morrison (2002)	Establecemento de conclusións
Kanari & Millar (2004)	Toma de datos; establecemento de conclusións
Puntambekar & Kolodner (2005)	Deseño de investigacións
Lee, Buxton, Lewis & LeRoy (2006)	Uso de probas
Kelly (2014)	Xeral

Táboa 2.4 Dificultades que presenta a indagación para o alumnado.

Kelly (2014), sinala que os estudantes aprenden conceptos en grandes conxuntos, pero non poden investigarse todos xuntos a través da investigación empírica. Este autor indica tamén que non todos os contidos científicos poden tratarse a través do enfoque indagativo e que a aprendizaxe das ciencias implica

máis dimensións que aprender a forma final do coñecemento.

Zimmerman (2000) identifica, a través da revisión de estudos sobre o razoamento científico (e.g. Dunbar & Klahr, 1989; Schauble, 1990), unha serie de tendencias na forma de proceder do alumnado no deseño e posta en práctica de experimentos. Esta autora sinala que a tendencia do alumnado cando se enfronta ao deseño de investigacións é elaborar deseños que proporcionan pouca información, ser pouco sistemáticos na planificación de experimentos e toma de datos e centrarse en factores causais, ignorando os non causais.

Krajcik et al. (1998) sinalan que o alumnado cando propón un deseño, non sempre especifica a cuestión a investigar e a menudo inclúe medidas sobre aspectos que lles son familiares pero que non son axeitados para a tarefa obxecto de estudo. Estes autores atribúen este comportamento á falta de familiarización con esta práctica científica.

Puntambekar e Kolodner (2005) indican que o alumnado precisa moito apoio por parte do profesor para aprender ciencias a través do deseño, en particular precisan axuda para comprender o problema a investigar, e aplicar o coñecemento aprendido no deseño da investigación. Necesitan que o profesorado proporcione unha serie de pautas que faciliten a elaboración do deseño.

Os resultados do estudo de Kanari e Millar (2004) indican que o alumnado toma datos insuficientes ou non axeitados e establecen conclusións que non se apoian nos datos ou non están xustificadas en base aos mesmos. Lee, Buxton, Lewis e LeRoy (2006) indentifican dificultades no alumnado para diferenciar entre a teoría e as probas. Segundo Austin, Holding, Bell e Daniels (1991), cando os datos non apoian claramente unha conclusión, o alumnado identifica pautas nos datos que se basean nas súas propias expectativas. Masnick e Morris (2002) sinalan que o alumnado presenta máis confianza nas conclusións derivadas de grandes conxuntos de datos.

Para diminuír as dificultades do alumnado no deseño das investigacións, Grau (1994) propón que o profesorado proporcione unha serie de pautas a modo de preguntas que faciliten a elaboración do deseño. Entre as preguntas que este autor suxire están: *Que problema se investiga? Pode formularse algunha hipótese? Que*

factor ou factores modificarías ao longo do experimento? Nesta tese seguimos unha estratexia similar á de Grau (1994), proporcionando no guión de cada actividade información sobre a que o alumnado precisa reflexionar para elaborar o deseño (ver anexo 2). Algunhas das dificultades máis importantes para o profesorado resúmense na táboa 2.5.

Autores	Dificultades debido a
Anderson (2007)	Tempo, cambio de roles, cultura escolar
Fensham (2009)	Formación do profesorado, inexperiencia en investigación, inseguridade
Capps, Crawford e Conostas (2012)	Tempo, falta de familiaridade, formación pouco axeitada
Rikmanis, Logins & Namsone (2012)	Falta de competencia, inseguridade

Táboa 2.5 Dificultades para o profesorado

Anderson (2007) sinala como dificultades: o *tempo*, xa que o ensino a través da indagación precisa de máis tempo que unha clase tradicional; o *cambio de roles* que este enfoque require; e a *cultura escolar*, na que o profesorado mantén a idea de “preparar” ao alumnado para o seguinte nivel educativo, máis que para a vida, como propósito da labor docente.

Fensham (2009) indica como factores que dificultan a utilización da indagación na aula: a) a formación do profesorado, que normalmente está máis dirixida cara á ciencia académica e non ás áreas de aplicación da mesma; b) moitos docentes nunca tiveron un contacto directo coa investigación científica ou coa investigación sobre problemas reais; e c) poden sentirse inseguros sobre algúns coñecementos que implican utilizar as situacións reais.

Rikmanis, Logins e Namsone (2012), sinalan que cando tratan de empregar este enfoque nas aulas atopan como dificultades a falta de competencia no uso neste tipo de metodoloxía e a preocupación de facelo mal ao tratarse de algo novo para os docentes.

Capps, Crawford e Conostas (2012) suxiren que moitos profesores non empregan a indagación debido a limitacións de tempo debido ás avaliacións externas, falta de familiaridade coa forma de traballar en ciencias ou a unha formación pouco axeitada. Estes autores suxiren que a clave para cambiar isto é

proporcionar unha formación innovadora ao profesorado, tanto inicial como continua.

En resumo, as actividades de laboratorio baseadas na indagación e deseñadas como problemas auténticos constitúen un contexto idóneo para que o alumnado participe nas prácticas científicas e desenvolva a competencia científica. Este tipo de actividades lévanse a cabo nalgúns aulas de educación secundaria, mais na maioría séguense realizando como receitas de laboratorio debido ás dificultades que estas implican tanto para o alumnado como para o profesorado. Consideramos que o enfoque baseado na indagación permite levar a cabo o ensino das ciencias de forma máis coherente coa actividade científica, o que posibilita que o alumnado coñeza mellor a ciencia e as súas aplicacións.

2.5 Desenvolvemento da aprendizaxe autónoma e control

Un dos obxectivos do enfoque da aprendizaxe a través da participación do alumnado nas prácticas científicas é promover o desenvolvemento da aprendizaxe autónoma e o control ou autorregulación da súa aprendizaxe. Isto coincide cun dos obxectivos do ensino das ciencias da natureza na educación secundaria: “*Ser quen de buscar e de utilizar o coñecemento científico propio, planificando de forma autónoma a acción e posta en práctica das actividades de aprendizaxe, e de utilizar uns criterios de avaliación para autocorririrse no caso en que sexa necesario*” (DOG, 2007, p. 12052).

Considérase que as actividades de indagación proporcionan a oportunidade para que o alumnado desenvolva esta capacidade, mais como se menciona nos apartados anteriores o alumnado experimenta dificultades para desenvolvela. Autores como Quintana et al. (1999), Reiser (2004) e Putambekar e Kolodner (2005) sinalan a necesidade de proporcionar certos apoios ou guías ao alumnado na resolución de tarefas de indagación para conseguir que as leve a cabo de forma autónoma. Esta autonomía non se consegue de forma inmediata senón gradualmente ao longo do tempo.

2.5.1 Aprendizaxe autónoma: transferencia de responsabilidade

Para conseguir que o alumnado aprenda de forma autónoma é preciso que o profesorado empregue estratexias encamiñadas á transferencia de responsabilidade progresiva. Estas estratexias coñecidas como andamiaxe (*scaffolding*), teñen lugar a través da comunicación (Bruner, 1986). O profesor comeza modelizando o proceso e transferindo gradualmente a responsabilidade ao alumnado (Fleer, 1992).

A noción de andamiaxe enmárcase na perspectiva socioconstructivista (Vygostky, 1978) considerando que a aprendizaxe ten lugar nun contexto de interaccións sociais nas que unha persoa con máis coñecemento guía a comprensión emerxente doutra. Baséase no concepto de *zona de desenvolvemento próximo* (ZDP), que reflicte a distancia entre o nivel de desenvolvemento actual do aprendiz (alumno), determinada polas actividades que pode realizar sen axuda e o nivel de desenvolvemento potencial, determinado pola resolución de tarefas baixo a supervisión dunha persoa máis capacitada (o profesor).

Segundo Palincsar e Brown (1984) o proceso de andamiaxe comprende varias fases. Primeiro o neno ou aprendiz experimenta un conxunto de actividades cognitivas determinadas, en presenza de expertos, e só de forma gradual chega a levalas a cabo por el mesmo. Para que isto ocorra, un experto guía primeiro a actividade do neno, realizando a maior parte do traballo cognitivo mentres o neno participa como “espectador”. A medida que este adquire experiencia e capacidade para levar a cabo aspectos máis complexos da tarefa, previamente modelizados polos expertos varias veces, o experto cede de forma gradual a responsabilidade. Así o experto e o aprendiz comparten o traballo cognitivo, no que o segundo toma a iniciativa e o experto corríxeo e guíao cando flaquea. Finalmente o experto permite que o neno tome o control sobre o proceso de aprendizaxe e adopta o papel de audiencia. Neste proceso, como indica Stone (1998), a comprensión compartida da tarefa e a comunicación efectiva entre o experto e o aprendiz son dous elementos esenciais.

Segundo este enfoque, no ámbito escolar a andamiaxe serve para axudar aos estudantes a levar a cabo as tarefas que non serían capaces de resolver por sí mesmos (Mercer & Fisher, 1992) e ir transferindo a responsabilidade da resolución da tarefa de forma gradual. Así, a andamiaxe converte a aprendizaxe nun desempeño factible para o alumnado, modificando as tarefas complexas e difíciles de forma que sexan máis accesibles, manexables e dentro da zona de desenvolvemento potencial.

Concidimos con Reiser (2004) en que o apoio do experto non é só para axudar ao aprendiz na resolución das tarefas senón tamén para mellorar os desempeños en tarefas futuras, fomentando así a aprendizaxe a través da experiencia. Por tanto é preciso incidir en ambos aspectos, xa que se o alumnado recibe apoio na resolución dunha tarefa mais non a comprende ou non saca proveito da experiencia realizada, dita guía só pode considerarse como apoio para resolver a tarefa e non como apoio da aprendizaxe.

Como elementos principais nos procesos de andamiaxe identifícanse a) a axuda ao alumnado para *articular* os seus pensamentos e ideas (Quintana et al., 2004); b) o apoio da aprendizaxe do alumnado sobre *como* realizar a tarefa; e c) *por que* a tarefa debe realizarse desa forma (Hmelo-Silver, Duncan e Chinn, 2007).

Na literatura existen estudos que propoñen as estratexias docentes a utilizar para guiar ao alumnado cara a transferencia de responsabilidade. Reiser (2004) sinala dúas estratexias xerais:

a) Estructurar a tarefa: consiste en descompoñer unha tarefa complexa en varias máis manexables para o alumnado, diminuír opcións innecesarias e controlar o progreso do alumnado.

b) Problematizar a tarefa: consiste en animar ao alumnado a expresar as súas ideas, a tomar decisións e manifestar as opinións que difieren das expostas polo profesor ou polos seus propios compañeiros.

Outros estudos, non dirixidos especificamente á aprendizaxe das ciencias, como o de Van de Pol, Volman e Beishuizen (2010) identifican seis estratexias

xerais que poden guiar os procesos de andamiage, mais que variarán en orde, número e tipo en función do alumnado e proceso de aprendizaxe a guiar:

1) Retroalimentación: implica información ao alumnado sobre as súas accións e desempeños.

2) Pistas: implica dar pistas ou suxerencias para axudar ao alumnado a avanzar no proceso de resolución da tarefa. Neste caso o docente non proporciona a solución comleta ou instruccións directas.

3) Instrucción: implica que o profesor indique ao alumnado que facer ou que explique como debe levarse a cabo algo concreto e por que.

4) Explicación: refírese á información máis detallada ou clarificación dalgún aspecto concreto (non necesariamente relacionada coas súas accións).

5) Modelización: implica a demostración dalgún proceso ou destreza

6) Formulación de preguntas: implica realizar preguntas que requiran una resposta elaborada.

Especificamente para os procesos de indagación, Holbrook e Kolodner (2000) propoñen unha serie de estratexias de andamiage específicas, tendo en conta que o alumnado traballará en pequenos grupos:

1) Problematizar a tarefa facendo dubidar sobre a cuestión a investigar e axudarlles a formular preguntas relevantes e a ao alumnado propoñer solucións iniciais.

2) Utilizar o encerado para compartir as cuestións a investigar e anotar o que se vai aprendendo de cada cuestión. Desta forma os grupos reciben retroalimentación sobre as súas ideas iniciais tanto por parte do profesor como por outros compañeiros.

3) Propoñer a cada pequeno grupo que elabore un deseño e analice os deseños propostos, poña en práctica os deseños recollendo datos de cada acción e utilizar os datos para revisar os deseños.

4) Pedir a cada grupo que elabore unha presentación para explicar o deseño inicial e final a toda a clase, xa que permite obter información construtiva de todo o proceso.

Todas estas estratexias propostas desde a literatura poden axudar a guiar ao alumnado cara a aprendizaxe autónoma, mais cabe sinalar, como indican Van de Pol, Volman e Beishuizen (2010), que a andamiaxe non é unha técnica que poda aplicarse en cada situación concreta da mesma forma. Trátase dun proceso dinámico de interacción entre o profesor e o alumnado, por tanto o tipo de apoio que debe recibir o alumnado depende do tipo de tarefas e da súa resposta á mesma.

Outros estudos encontrados na literatura examinan a andamiaxe na posta en práctica, para comprender o tipo de apoio que os estudantes necesitan durante a indagación (Putambekar & Kolodner, 2005), para promover estratexias de andamiaxe entre o profesorado (Van der Valk & De Jong, 2009) ou para examinar o tipo de andamiaxe requerido polo alumnado durante a realización dunha actividade de laboratorio para ser autónomo (Reigosa & Jiménez-Aleixandre, 2007).

Puntambekar e Kolodner (2005) examinan o tipo de apoio que o alumnado precisa para aprender ciencias de forma satisfactoria a través do deseño de actividades, elaborando unha ferramenta de andamiaxe denominada o “diario de deseño”. Estes autores observan durante a posta en práctica que non se pode proporcionar todo o apoio que o alumnado precisa a través dunha única ferramenta, nin dun único axente (profesor) senón que o alumnado precisa de múltiples formas de apoio (ferramentas, axentes, disposición da aula, interaccións, etc.) para que este sexa efectivo.

De Jong e Van der Valk (2009) analizan o proceso de formación de profesores de educación secundaria para guiar aos estudantes a través da andamiaxe. A formación que recibe o profesorado consiste en aprender que é o proceso de andamiaxe, en deseñar as súas propias ferramentas para a andamiaxe e en adaptalas para empregalas nas súas aulas, especialmente cando realizan actividades de tipo aberto.

Reigosa e Jiménez Aleixandre (2007) examinan os problemas que xorden no proceso de transferencia de responsabilidade aos estudantes para a resolución de problemas de forma autónoma. Segundo estes autores, unha das dificultades

que interfere co proceso de andamiaxe e co desenvolvemento da autonomía, é resultado dos estereotipos dos estudantes sobre o traballo de laboratorio. Por exemplo pensan que o seu papel como alumnado é o de seguir unha serie de instrucións, ou que hai un único xeito de resolver a tarefa. Por tanto, para eles, nunha situación deste tipo, os roles están claramente definidos: o profesor dá instrucións e os estudantes séguenas. Outro dos factores que estes autores sinalan como incidente no desenvolvemento da autonomía do alumnado é a interacción social entre os membros do grupo e os roles asumidos por cada membro. Xa que nalgúns casos os estudantes con capacidades máis elevadas presentan pouco interese en compartir os seus coñecementos, o que implica ás veces que o alumnado menos favorecido obteña poucos beneficios da tarefa.

A transferencia de responsabilidade de cara a conseguir a aprendizaxe autónoma, é tamén obxecto de estudo nesta tese, na que examinamos, no capítulo 9, as estratexias que o profesorado utiliza na posta en práctica dunha actividade de indagación para favorecer a transferencia de responsabilidade no alumnado.

2.5.2 *Autorregulación da aprendizaxe*

O desenvolvemento da aprendizaxe autónoma implica ser quen de regular o propio proceso de aprendizaxe. Na literatura existen estudos que relacionan o control da aprendizaxe co rendemento académico. Di Benedetto e Bembenuy (2011) consideran que o control da aprendizaxe está intimamente relacionado co éxito na aprendizaxe das ciencias xa que sinalan que o alumnado que non leva a cabo o control obtén peores resultados. Velayutham, Aldrige e Fraser (2011) consideran os procesos de autorregulación como un instrumento que promove a participación do alumnado no proceso de aprendizaxe.

A *autorregulación* da aprendizaxe, é un proceso metacognitivo, que segundo se refire aos pensamentos, sentimentos e accións autoxeradas cara á consecución dos obxectivos propostos por un mesmo (Zimmerman, 1998). Este enfoque baséase na teoría sociocognitiva de Bandura, que considera a aprendizaxe como resultado de factores persoais, ambientais e conductuais. Segundo Bandura

(1986) é máis probable que os estudantes se sentan motivados para aprender se cren que poden conseguir os resultados esperados.

A autorregulación inclúe tres compoñentes coas súas respectivas destrezas que se representan a continuación.

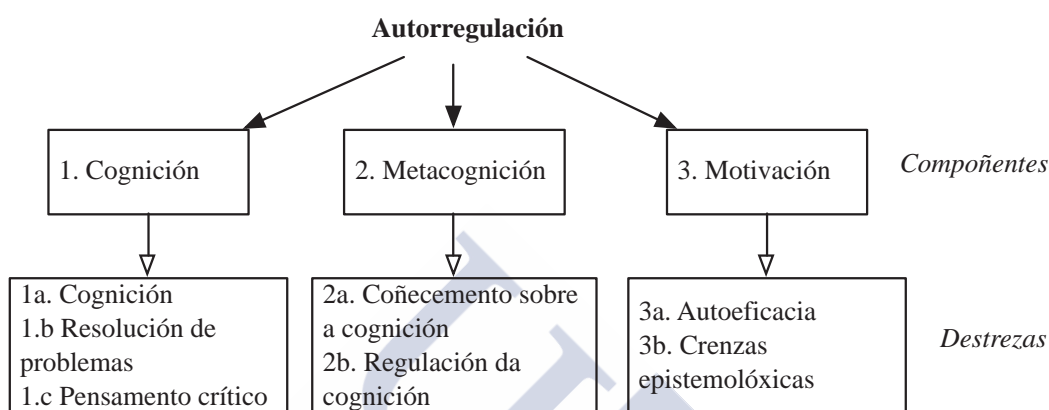


Figura 2.7 Compoñentes da autorregulación da aprendizaxe (adaptada de Schraw, Crippen & Hartley, 2006).

A compoñente *cognición* inclúe as destrezas necesarias para codificar, memorizar e recordar información, por exemplo a resolución de problemas e o pensamento crítico. A *metacognición*, inclúe destrezas que permiten comprender e controlar os procesos cognitivos, por exemplo a planificación ou a avaliación. E a *motivación* inclúe as crenzas e actitudes que afectan ao uso e desenvolvemento das destrezas cognitivas e metacognitivas, por exemplo a autoeficacia e as crenzas epistemolóxicas. Nesta tese centrámonos na análise da regulación da cognición por parte do alumnado de secundaria, examinando o seu control metacognitivo sobre as operacións implicadas na indagación, en particular sobre a interpretación dos resultados anómalos obtidos por eles mesmos durante a resolución das tarefas de laboratorio.

En contextos escolares, a autorregulación considérase un constructo esencial que inflúe na aprendizaxe (Boekaerts & Cascallar, 2006), xa que o alumnado manexa e dirixe os seus propios procesos cognitivos e motivacionais para conseguir os obxectivos da aprendizaxe. Segundo Lin (2001), para desenvolver as destrezas de autorregulación é preciso que os docentes fomenten a reflexión e o control dos procesos de aprendizaxe, é dicir que ensinen ao alumnado a aprender a

aprender. Mentres que Ibáñez e Gómez-Alemany (2005) consideran que a mellor forma de que o alumnado aprenda a autorregularse é promovendo a avaliación entre iguais, xa que recoñecen máis facilmente os seus erros cando comparan as súas producións coas dos seus compañeiros.

Nos estudos sobre autorregulación, a indagación é un dos seis enfoques que se consideran axeitados para promover este proceso no alumnado (Schraw, Crippen & Hartley, 2006), xa que neste enfoque o docente facilita a comprensión do alumnado a través da instrución guiada (andamiaxe) e do razoamento reflexivo explícito. Ao mesmo tempo o alumnado participa de forma activa no proceso de aprendizaxe a través da formulación de hipóteses, planificación, contrastación das hipóteses e interpretación de resultados, entre outras accións (Anderson, 2002). Segundo Schraw, Crippen e Hartley (2006) o ensino baseado na indagación promove a autorregulación de dúas formas:

a) Estimulando a participación activa do alumnado no proceso de aprendizaxe a través de estratexias cognitivas e metacognitivas que controlan a súa comprensión, por exemplo o pensamento crítico a través da experimentación e reflexión.

b) Axudando a aumentar a motivación para ter éxito en ciencias a través da modelización de estratexias de investigación.

Estes autores sinalan que o alumnado que aprende a regular as súas propias cognicións, metacognicións e motivacións durante o proceso indagación pode conseguir levar a cabo estes procesos de forma sistemática e experta. Zohar e Ben-David (2009) consideran ademais que neste enfoque o alumnado pode desenvolver un maior coñecemento conceptual debido á súa participación nos procesos científicos. A nosa proposta de favorecer a participación do alumnado nas prácticas científicas coincide con este enfoque, xa que se un alumno é quen de autorregularse sabe planificar, establecer metas, seleccionar estratexias, organizar, controlar e autoavaliar o proceso de aprendizaxe. Todos estes desempeños constitúen as prácticas e competencias científicas, eixe principal desta tese.



CAPÍTULO 3

METODOLOXÍA

3.1 Introducción

Este capítulo aborda a metodoloxía empregada na tese, enmarcada na investigación cualitativa. Seleccionamos esta metodoloxía porque consideramos que é a que mellor nos permite dar resposta aos obxectivos do estudo.

O capítulo estrutúrase en once apartados que se abordan sucesivamente. No segundo apartado detállanse os obxectivos do traballo; no terceiro as características da investigación cualitativa e as estratexias metodolóxicas dos estudos de caso e lonxitudinais. No cuarto trátase a análise do discurso, ferramenta empregada neste estudo. No quinto detállase o deseño da investigación e a secuencia de actividades de laboratorio. No sexto caracterízanse os participantes e o contexto. No sétimo examínanse as características e procedementos empregados na toma de datos. No oitavo discútnense brevemente as ferramentas empregadas para a análise dos datos, que se describirán en profundidade nos capítulos de resultados correspondentes. O noveno aborda os criterios de validez de fiabilidade utilizados para avaliar a calidade dos resultados. O décimo recolle as consideracións éticas tidas en conta no estudo. E no undécimo detállanse as súas limitacións metodolóxicas.

3.2 Obxectivos do estudo

O obxectivo central da investigación é *examinar o desenvolvemento da competencia científica a través da participación do alumnado nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións e análise e*

interpretación de datos ao longo do estudo lonxitudinal de indagación no laboratorio.

O obxectivo da tese de investigar o proceso de posta en práctica de actividades de laboratorio de indagación na educación secundaria está relacionado coas demandas do currículo, xa que en todos os cursos da educación secundaria aparecen como contidos operacións relacionadas cos procesos de indagación, por exemplo o deseño e posta en práctica de experimentos.

Este obxectivo pode desglosarse en catro preguntas de investigación:

1) Que tipo de operacións epistémicas levan a cabo os estudantes durante a participación nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións?

2) Cales son os desempeños do alumnado nas dúas operacións epistémicas de produción de coñecemento de proposta e posta en práctica dos deseños experimentais?

3) Que pautas de evolución aparecen nos deseños propostos polo alumnado ao longo do estudo?

4) Como interpretan os resultados anómalos, regulan as anomalías e establecen as conclusións os estudantes ao longo do estudo?

As tres primeiras preguntas están relacionadas coa práctica científica de deseño e posta en práctica de investigacións e a cuarta coa práctica de análise e interpretación de datos.

O segundo obxectivo de investigación é *identificar un repertorio de estratexias docentes que promoven a participación do alumnado nas prácticas científicas*. Este obxectivo vai dirixido ao profesorado que participa no estudo e implica a análise das estratexias empregadas polos docentes co propósito de identificar aquelas que favorecen a participación do alumnado nas prácticas científicas. O obxectivo desglósase en dúas preguntas de investigación:

5) Que operacións epistémicas promove o profesorado do estudo na súa práctica docente?

6) Que tipo de apoio relacionado coa transferencia de responsabilidade proporciona o profesorado ao alumnado durante o deseño e posta en práctica de investigacións no laboratorio?

A primeira pregunta de investigación vai dirixida a examinar as operacións que o profesorado promove no alumnado a través do seu discurso e accións, e a segunda a identificar as estratexias de andamiaxe relacionadas coa transferencia de responsabilidade que utilizan para guiar ao alumnado na resolución das tarefas.

Á vista dos obxectivos e preguntas de investigación propostos, encamiñados a examinar os procesos e non os produtos, pareceu adecuado enmarcar o estudo na metodoloxía cualitativa que se discute a continuación.

3.3 Investigación cualitativa: estudos de caso e estudos lonxitudinais

A investigación en ciencias sociais adícase ao estudo das persoas nos seus contextos locais (Somekh et al., 2011). Nesta tese emprégase unha metodoloxía de tipo cualitativo, orientada a analizar casos concretos a partir das expresións e actividades das persoas nos seus contextos locais. Segundo Denzin e Lincoln (2005): *“A investigación cualitativa consiste nunha aproximación interpretativa e naturalista ao mundo. Isto significa que os investigadores cualitativos estudan os fenómenos nos seus contextos locais, intentando darlle sentido ou intepretalos en función dos significados que as persoas lles dan”* (Denzin & Lincoln, 2005, p.3).

Os obxectivos da investigación cualitativa están encamiñados a proporcionar unha comprensión en profundidade do mundo social a través das circunstancias sociais e materiais, das experiencias, perspectivas e historias dos participantes (Snape & Spencer, 2003).

Esta metodoloxía caracterízase segundo Mason (1998) por:

- a) interesarse polas formas nas que o mundo social é interpretado, experimentado e producido.
- b) basearse en métodos de xeración de datos flexibles e sensibles ao contexto social no cal se producen.

c) sostense por métodos de análise e explicación que abarcan a comprensión da complexidade, o detalle e o contexto.

Dentro da metodoloxía cualitativa, existen diversos enfoques: a etnografía, a teoría fundamentada, a investigación fenomenolóxica, a investigación narrativa e o estudo de caso.

A *etnografía* ten o seu orixe na antropoloxía e baséase na inmersión nun contexto determinado durante un período de tempo relativamente extenso coa fin de recoller todo tipo de datos accesibles que permitan comprender os temas obxecto de estudo (Frankham & MacRae, 2011).

A *teoría fundamentada* deriva da síntese de dúas tradicións intelectuais e académicas da socioloxía. É unha metodoloxía xeral para desenvolver unha teoría que está fundamentada nunha recollida e análise sistemáticas de datos. A teoría desenvólvese durante a investigación a través da continua interpelación entre a análise e a toma de datos (Strauss & Corbin, 1994).

Os *métodos biográficos* describen, analizan e interpretan os feitos da vida dunha persoa para comprendela de forma individual ou como parte dun grupo. Consisten en analizar a narración que un suxeito realiza sobre as súas experiencias vitais (Mallimaci & Giménez Béliveau, 2006).

O *estudo de caso* consiste nun estudo intensivo dun ou varios fenómenos nun contexto específico (Swanborn, 2010). Este é o enfoque metodolóxico empregado nesta tese, por ser adecuado ao obxectivo xeral de examinar o proceso de desenvolvemento da competencia científica e detállase a continuación.

3.3.1 Estudo de caso

O estudo de caso considera que a realidade social créase a través de interaccións sociais, situadas en contextos particulares. Para definir esta estratexia metodolóxica empregamos a definición de Yin (1994): “O estudo de caso é investigación empírica sobre un fenómeno contemporáneo dentro dun contexto real, especialmente cando os límites entre o fenómeno e o contexto non son evidentes”. (Yin, 1994, p.13)

Os estudos de caso derivan, en termos de teoría e metodoloxía, doutras disciplinas como a antropoloxía, socioloxía, psicoloxía ou historia e presentan as seguintes características (Gerring, 2007):

- a) empregan unha metodoloxía cualitativa e unha mostra pequena
- b) son investigacións holísticas
- c) utilizan un tipo de datos concreto (etnográficos, observacionais, de investigacións de campo, etc)
- d) presentan unha metodoloxía de toma de datos naturalista, é dicir os datos son tomados nun contexto real
- e) empregan a triangulación
- f) investigan as propiedades dun fenómeno particular ou sinxelo

Existen distintos tipos de estudos de caso. En función dos obxectivos da investigación clasifícanse en estudos descriptivos, exploratorios e explicativos (Merriam, 1988). Os estudos de caso *descriptivos* céntranse en proporcionar unha descrición detallada dun evento. Os de tipo *exploratorio* ocúpanse de explorar un evento determinado coa intención de crear unha serie de hipóteses de cara a futuras investigacións. E os de tipo *explicativo* céntranse en explicar un fenómeno a través da observación detallada do mesmo.

Outra clasificación dos estudos de caso deriva do número de casos a estudar. Así existen estudos de caso *simples* nos cales se analiza un caso concreto ou estudos de caso *múltiples*, nos que se estudan varios casos que comparten algunha característica común.

Os estudos de caso, como todas as estratexias metodolóxicas, presentan vantaxes e inconvenientes (Simons, 2011). Entre as vantaxes, o estudo de caso permite estudar de forma exhaustiva os procesos, é flexible, xa que non depende do tempo nin está limitado polo método, e ademais é útil para investigar e comprender os procesos e a dinámica dos que se producen. Entre os inconvenientes, o estudo de caso implica procesar unha gran cantidade de datos e elaborar informes extensos e detallados para comprender a realidade estudada. Outras cuestións xiran en torno á implicación persoal ou a subxectividade dos

investigadores e a validez e utilidade das conclusións e a imposibilidade de xeralizar en función dos resultados obtidos neste tipo de estudos.

As características dos estudos de caso convérteno na estratexia metodolóxica idónea para levar a cabo esta investigación, dado que é adecuada para o obxectivo xeral de examinar o proceso de desenvolvemento da competencia científica (ou para os obxectivos específicos). Utilizamos un estudo de caso de tipo exploratorio,/explicativo para o cal eliximos unha mostra pequena, os datos tómanse no contexto real da aula e examínase a participación do alumnado nas prácticas científicas a través de actividades de indagación no laboratorio, así como as estratexias docentes utilizadas para favorecer a participación do alumnado nas prácticas científicas.

3.3.2 Estudo lonxitudinal

Dado que o obxectivo central da investigación é *examinar o desenvolvemento da competencia científica a través da participación do alumnado nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións e análise e interpretación de datos ao longo do tempo* deséñase un estudo lonxitudinal. Este tipo de estudos implican unha serie de medidas repetidas nun período de tempo e permiten medir o cambio e a posible explicación do cambio, aínda que non permite xeralizar sobre os resultados (Menard, 2008). Para iso seguimos un grupo de alumnos, unha clase, durante dous cursos escolares consecutivos.

Existen dous tipos de estudos lonxitudinais, estudos de panel e estudos transversais con rotación de mostra (Snape & Spencer, 2003). Nos *estudos de panel* tómanse datos dos mesmos participantes máis dunha vez. Este tipo de estudos empréganse para explorar un cambio a nivel microscópico, capturar un proceso que evoluciona ao longo dun período de tempo ou analizar os impactos, consecuencias ou resultados. Nos *estudos transversais con rotación da mostra* tómanse de distintos participantes en cada etapa. Utilízanse para explorar un cambio a nivel macroscópico, onde o centro do cambio ten lugar nun contexto amplo.

Nesta tese utilízase o estudo lonxitudinal de panel ao longo de dous cursos académicos consecutivos. Para analizar o desenvolvemento da competencia científica e a participación nas prácticas científicas emprégase como estratexia a análise do discurso, que se examina no seguinte apartado.

3.4 Análise do discurso

Na investigación cualitativa existen diversas estratexias para estudar os fenómenos que teñen lugar nos contextos locais: observación participante, análise documental, análise do discurso ou análise conversacional, entre outros. A estratexia utilizada nesta tese é a *análise do discurso*, definida por Gee e Handford (2012) como: “A *análise do discurso* é o estudo da linguaxe en uso. É o estudo dos significados que lle damos á linguaxe e ás accións que realizamos cando empregamos a linguaxe en contextos específicos” (Gee & Handford, p.1).

A análise do discurso permite comprender os procesos educativos xa que o ensino e aprendizaxe teñen lugar a través do discurso, comunicación e interacción. Smart e Marshall (2012) consideran o discurso como unha interacción complexa entre o profesor, alumnado e as súas perspectivas manifestadas a través da comunicación verbal. Kittleson e Southerland (2004) consideran que o discurso é unha parte fundamental dos procesos de ensino e aprendizaxe, xa que no contexto social da aula o coñecemento se constrúe a través da linguaxe e outros medios semióticos. Kelly (2008b) sinala que a análise do discurso permite examinar o que conta como ciencia en determinados contextos, como esta se constrúe en interacción, quen participa na construción da mesma e como as definicións situadas da ciencia implican determinadas orientacións epistemolóxicas.

A linguaxe é importante para o ensino e aprendizaxe das ciencias, xa que son actividades sociais construídas a través da acción humana (Lemke, 1990). Este autor sinala que falar ciencias significa facer ciencia a través da linguaxe (observar, describir, comparar, avaliar, decidir, etc.). Polo tanto, a linguaxe pode considerarse como unha ferramenta para construír significados. Mortimer e Scott (2002) coinciden con Lemke en considerar a linguaxe como eixo central dos procesos de construción de significados, e polo tanto da aprendizaxe das ciencias.

Mortimer (2000) considera a linguaxe como o instrumento social máis importante que utilizan os docentes e alumnado para estruturar o desenvolvemento das súas ideas.

Os procesos discursivos non teñen lugar só nas clases de ciencias senón tamén no laboratorio. Knorr-Cetina (1983) sinala que os resultados que se obteñen nun laboratorio son produto dalgunha interacción discursiva dirixida e/ou sostida por outros científicos. Latour e Woolgar (1986) sinalan no seu estudo etnográfico sobre o laboratorio que unha forma de examinar os microprocesos da construción dun feito en ciencia é examinando as conversas e discusións que se producen entre os membros do laboratorio.

A análise do discurso emprégase como estratexia para comprender o que ocorre nas clases de ciencias e no laboratorio escolar. Jiménez Aleixandre e Díaz de Bustamante (2003), examinan o discurso argumentativo do alumnado de educación secundaria na resolución de problemas no laboratorio de bioloxía e física e química. Na análise identifican unha serie de desafíos, teóricos e metodolóxicos, nos estudos do discurso de aula: o carácter interpretativo da análise de datos; a necesidade de utilización de métodos e datos procedentes de distintas fontes para aumentar a fiabilidade do estudo; ou as dificultades para gravar unha discusión entre varias persoas.

Algúns estudos sobre a análise do discurso relevantes para a tese son o de Krystiniakk e Heikkinen (2007) no que analizan as interaccións verbais dun grupo de estudantes co seu profesor durante cinco sesións no laboratorio, nas que tres teñen enfoque indagativo e dúas non. Os resultados indican que os participantes interaccionan menos e falan menos sobre contidos de química nas sesións de indagación que nas de tipo tradicional, posiblemente debido á falta de familiarización coa resolución deste tipo de tarefas. No estudo de Narayan (2010) tamén se identifica unha pauta similar á anterior. Este autor, compara as prácticas discursivas do alumnado en actividades de indagación e tradicionais, observando que o alumnado a pesar de que participa con entusiasmo nas actividades de indagación non utiliza contidos teóricos.

Outros estudos como o de Kipnis e Hofstein (2008) analizan as discusións en pequeno grupo de estudantes de educación secundaria mentres realizan una actividade de indagación no laboratorio. Estes autores sinalan que este tipo de actividades permiten o desenvolvemento de destrezas metacognitivas cando os estudantes formulan preguntas, cando planifican cambios e melloras na posta en práctica dun experimento, e cando redactan o informe de laboratorio na elaboración de conclusións.

Nesta tese emprégase a análise do discurso para identificar as operacións que o alumnado leva a cabo durante a planificación e posta en práctica de investigacións, así como as estratexias utilizadas polo profesorado a través do seu discurso.

3.5 Deseño da investigación e da secuencia de actividades

Neste apartado detállase o deseño da investigación e a secuencia de actividades de laboratorio.

3.5.1 Deseño da investigación

O deseño da investigación, que se resume na figura 3.1, comprende un estudo preliminar e un estudo principal formado por un estudo de caso e un estudo lonxitudinal.

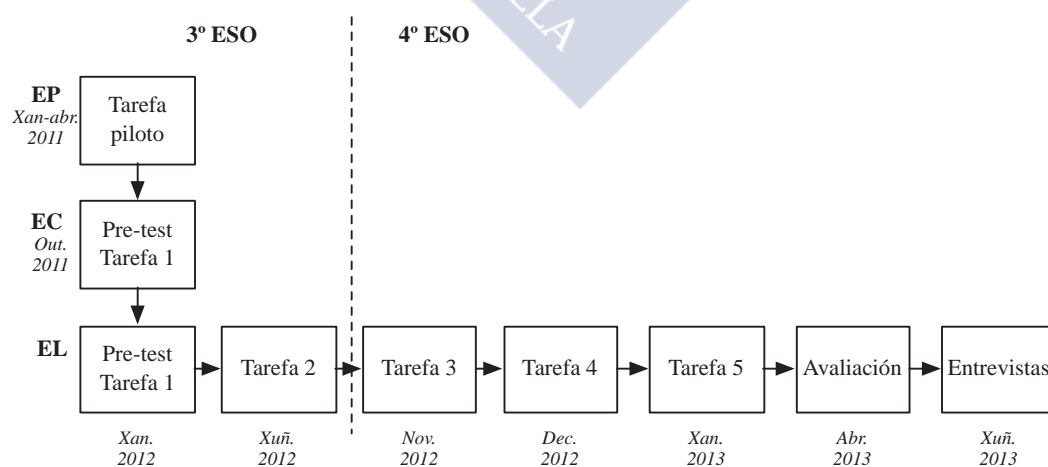


Figura 3.1 Deseño da investigación

Lenda: EP: estudo preliminar; EC: estudo de caso; EL: estudo lonxitudinal

O *estudo preliminar* (xaneiro-abril de 2011), analiza a posta en práctica dunha tarefa de indagación no laboratorio situada nun contexto auténtico (tarefa piloto, anexo 1) na que os participantes teñen que deseñar como resolvela. A análise do proceso de resolución e das dificultades encontradas polos participantes (profesores e investigadores en formación) na elaboración do deseño e posta en práctica da actividade, tívose en conta no deseño do estudo lonxitudinal e discútese no capítulo 4.

A continuación deseñouse unha actividade de laboratorio (tarefa 1) con características similares á actividade piloto, que implica a aplicación de contidos de química de 3º de ESO e que foi posta en práctica na clase do docente 1. Este estudo constitúe o *estudo de caso* (outubro de 2011).

Dado que o obxectivo xeral desta tese é analizar o desenvolvemento da competencia científica a través da participación do alumnado nas prácticas científicas, deseñouse un *estudo lonxitudinal*, durante dous cursos escolares (2011-2012 e 2012-2013), que comprendía o seguimento de cinco actividades, comezando pola 1. Estaba previsto realizar o estudo en dous centros con dous docentes (1 e 2), pero o docente 1 deixou o estudo ao ser seleccionado polo Ministerio de Educación para impartir docencia no exterior. Por tanto o estudo lonxitudinal foi levado a cabo unicamente na clase do docente 2. A secuencia de actividades elaborada para o estudo lonxitudinal detállase a continuación.

3.5.2 Secuencia de actividades

A secuencia de actividades do estudo lonxitudinal, que é a parte central da tese, resúmese na figura 3.2, que sintetiza tamén os obxectivos de cada tarefa para o alumnado e as destrezas de indagación implicadas.

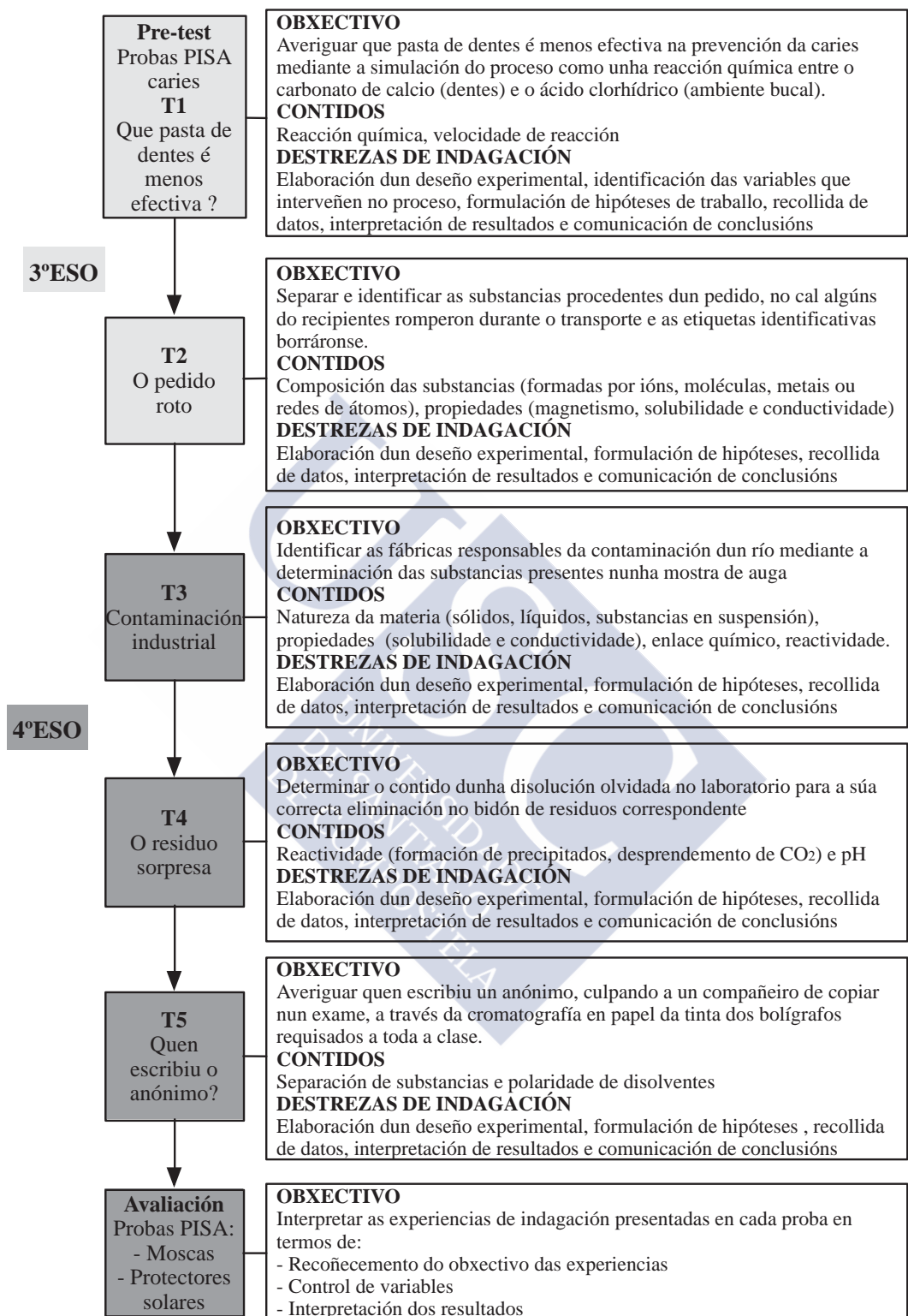


Figura 3.2 Secuencia de actividades do estudo lonxitudinal: obxectivos para o alumnado e destrezas de indagación implicadas.

A secuencia está deseñada co propósito de contribuír ao desenvolvemento da competencia en identificar cuestións científicas (OCDE, 2007) a través da participación nas prácticas científicas, xa que consideramos que as competencias se desenvolven a través da práctica (Jiménez Aleixandre, 2010), máis que por instrución directa. Comprende unha proba PISA (OECD, 2007) sobre a identificación de cuestións científicas, usada, como pre-test, cinco tarefas de laboratorio con características comúns, e unha proba de avaliación tipo PISA (OCDE, 2007) relacionada coa identificación de cuestións científicas.

A *proba inicial* é unha actividade de lápiz e papel sobre a caries, utilizada nas probas piloto de PISA. Consiste en tres ítems de resposta múltiple sobre cuestións relacionadas coa competencia en identificar cuestións científicas. Nela introducimos unha modificación: os estudantes tiñan que xustificar as opcións de resposta escollidas en cada ítem (ver anexo 2).

A *secuencia de laboratorio* está composta por cinco actividades encamiñadas a fomentar a participación do alumnado nas prácticas científicas sobre contidos do currículo de ESO para a materia de física e química: en 3º diversidade e unidade da estrutura da materia e os seus cambios, en 4º estrutura e propiedades das substancias. Cada actividade propón unha situación problema nun contexto próximo ao alumnado. Para resolvelas é preciso elaborar un deseño experimental utilizando os datos e orientacións do guión. As actividades lévaronse a cabo no laboratorio, cada unha durante dúas sesións, a primeira adicada á elaboración do deseño e a segunda á posta en práctica e elaboración de conclusións.

Dado que a secuencia ten como propósito favorecer o progreso dos estudantes no desenvolvemento da competencia de indagación, modificáronse progresivamente algunhas características das tarefas, en particular:

a) O grao de detalle do guión, de moi detallado (tarefa 1) en canto á explicación de contidos e decisións a tomar para elaborar o deseño, a un máis breve e con menos contido conceptual (tarefa 5), no que se expón o problema e a técnica instrumental a utilizar (cromatografía en papel), pero sen detallar as decisións sobre o deseño.

b) O grao de apoio do profesor, disminuindo a andamiaxe proporcionada na elaboración do deseño e eliminando en 4º de ESO a posta en común dos deseños previa á implementación (que se realizaba en 3º), obtendo en 4º deseños diferentes nos pequenos grupos de estudantes.

A *proba de avaliación* consiste en dúas probas PISA, os protectores solares, empregada no informe de 2006 e as moscas, utilizada nas probas piloto. O obxectivo desta actividade é analizar a influencia da secuencia de actividades de laboratorio na aprendizaxe do alumnado. Solicítase a análise e interpretación de determinadas características dos procesos de indagación, por exemplo o control de variables e a interpretación de resultados derivados dunha investigación.

3.6 Contexto e participantes

Nesta sección detalláanse os participantes en cada un dos estudos que constitúen a investigación, incluíndo o estudo preliminar.

	EP	EC	EL (ano 1)	EL (ano 2)
Profesor	Profesor U1, U2	Profesor 1	Profesor 2	Profesor 2
Alumnado	10	20	21	10
Curso	Máster	3º ESO	3º ESO	4º ESO
Grupos	A', B' e C'	J, K, L, M, N	O, P, R, S, T	O, P, T
Sesións	1	2	4	7

Táboa 3.1 Participantes no estudo

Lenda. EP: Estudo preliminar 1; EC: Estudo de caso; EL(ano 1): primeiro ano do estudo lonxitudinal, EL (ano 2): segundo ano do estudo lonxitudinal; Profesor U1 e U2, profesor de universidade 1 e 2.

No *estudo preliminar* os participantes son tres pequenos grupos de profesores e investigadores en formación (N=10). O grupo A' (N=3) cursaba a materia de “As actividades prácticas de laboratorio e de campo no ensino das ciencias” do Máster de Investigación en Didáctica das Ciencias e da Matemática, impartido polo profesor U1, e os grupos B' (N=3) e C' (N=4) o Máster de Profesorado de Educación Secundaria Obrigatoria e Bacharelato cursado en total por 19 estudantes, da especialidade de Ciencias experimentais, impartido pola profesora U2 (directora da tese), ambos na Universidade de Santiago de Compostela.

No *estudo de caso* os participantes son 5 pequenos grupos de estudantes de 3º de ESO (N=20) que cursaban a materia de física e química nun centro rural. Este alumnado non estaba familiarizado co traballo de laboratorio, de feito antes de realizar a actividade o único contacto que tiveran co laboratorio foi aprender a pesar masas e medir volumes. O docente deste grupo ten 10 anos de experiencia docente en bioloxía e xeoloxía e unha experiencia previa de 5 anos como investigador en medicina, sendo este o primeiro ano que imparte a materia de física e química. Pertence ao grupo de investigación RODA da USC e actualmente desenvolve a súa tese no departamento sobre indagación, con énfase no traballo por proxectos.

No *estudo lonxitudinal* os participantes, do primeiro ano, son 5 pequenos grupos de estudantes de 3º de ESO (N=21) que cursaban a materia de física e química nun centro rural. Este alumnado, no momento da toma de datos, estaba familiarizado co traballo de laboratorio xa que traballaran distintos aspectos durante 2º de ESO e mediante problemas auténticos no primeiro trimestre de 3º de ESO. No segundo ano de estudo, os participantes son 3 pequenos grupos (N=10) que se corresponden cos estudantes do primeiro ano que elixiron a materia de física e química en 4º de ESO (N=9) máis un repetidor. O docente do grupo ten 25 anos de experiencia docente en física e química e forma parte do grupo de investigación RODA desde que comezou a profesión docente. Actualmente está rematando a súa tese de doutoramento no departamento sobre as preguntas do alumnado e a argumentación.

Cómpre indicar que os participantes, tanto no estudo lonxitudinal como no estudo de caso (que ían tomar parte no lonxitudinal), foron seleccionados en centros cun único grupo de ESO, o que constituía a condición para poder seguir ao mesmo grupo durante dous anos, o que non é posible na meirande parte dos centros, nos que o alumnado cambia de grupo cada ano.

3.7 Toma de datos

A toma de datos realizouse en condicións normais de aula, é dicir, no horario habitual da materia e respectando a duración das sesións (50 minutos).

O papel da investigadora durante todo o estudo é o de observadora participante, axudando ao profesorado no manexo do instrumental de laboratorio e na aclaración de dúbidas puntuais nos pequenos grupos, para favorecer o progreso das actividades. A idea inicial, era a investigadora ser observadora non participante para non alterar a situación real da aula na medida do posible, pero veuse obrigada a modificar o seu rol durante a primeira sesión da secuencia debido á elevada demanda da presenza do profesor por parte do alumnado nos distintos grupos para a clarificación de dúbidas. Cabe subliñar que este tipo de actividades demanda moita implicación do docente, sobre todo cando o alumnado non está habituado a esta metodoloxía de traballo.

Para a toma de datos, a estratexia do estudo de caso require múltiples fontes de datos co obxectivo de obter a información necesaria para proporcionar unha explicación en profundidade dos casos obxecto de estudo (Stake, 1995). Tendo en conta esta consideración utilizáronse as notas de campo da investigadora, gravacións de audio e vídeo das conversas dos participantes, producións escritas dos estudantes e entrevistas.

As *notas de campo da investigadora* inclúen a localización de cada videocámara e gravadora na clase, os estudantes que faltaban en cada sesión e as incidencias que se produciron durante as sesións, así como aspectos que poden non ser capturados nas gravacións.

As *gravacións de audio e vídeo* recollen as conversas e accións dos estudantes traballando en pequenos grupos durante todas as sesións correspondentes ás actividades de laboratorio.

As *producións escritas* dos estudantes inclúen os informes correspondentes a cada actividade (deseño e resultados de cada tarefa) de cada pequeno grupo, así como as respostas individuais da base de orientación (no segundo ano do estudo lonxitudinal) e da proba de avaliación final.

As *entrevistas* (non analizadas nos capítulos de resultados) realizáronse ao final do estudo, e tiñan dúas partes: unha xeral que trataba cuestións de tipo actitudinal e una específica sobre as respostas á proba de avaliación.

3.8 Ferramentas de análise

Como ferramentas empregáse a análise do discurso, coincidindo con Wickman e Östman (2002) en considerar a aprendizaxe como un proceso discursivo de construción de significados, así como en elixir como obxecto de análise a acción (incluíndo as conversas entre os participantes).

A unidade de análise elixida é o episodio e para a división dos mesmos seguimos a Gee (2005) que propón dous criterios, segundo a cuestión discutida (*topic*) e as actividades realizadas.

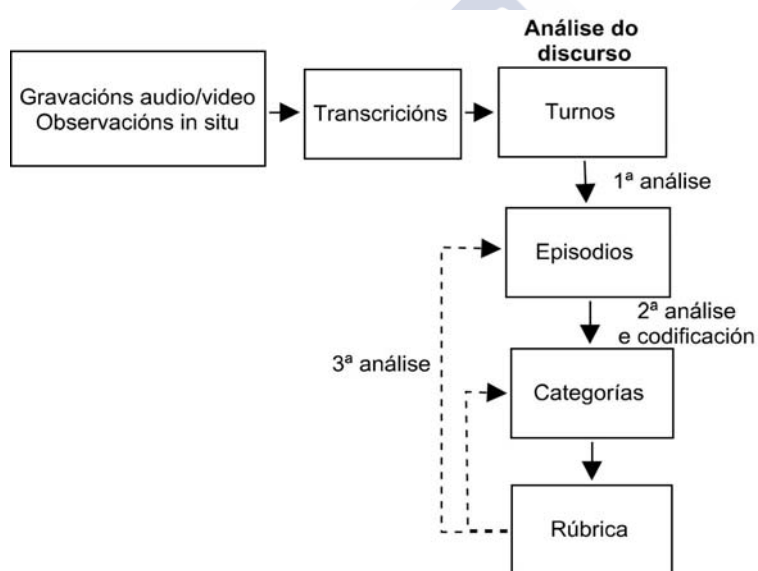


Figura 3.3 Proceso seguido na análise dos datos

O proceso seguido para a análise dos datos consiste, en primeiro lugar na transcrición das gravacións de audio (utilizando as de video para dar conta das accións, mais sen transcribilas integramente) de cada sesión, axudándose das observacións in situ e das notas de campo. As transcricións divídense en turnos, asignando un número á intervención de cada participante. En segundo lugar establécese a división en episodios empregando os criterios establecidos por Gee (2005). Hai que ter en conta que ás veces un episodio pode estar formado por un só ou uns poucos turnos. A división en episodios depende da pregunta ou obxectivo de investigación. En terceiro lugar, unha vez establecidos os episodios lévase a cabo unha segunda análise, que conduce á elaboración dunha serie de

categorías preliminares. O proceso de desenvolvemento das categorías non está predefinido senón que se elaboran en interacción entre os datos e a literatura, e leva á construción dunha rúbrica preliminar ou instrumento de análise dos datos, que depende dos obxectivos de investigación, dando lugar a unha rúbrica para cada obxectivo. Este proceso repítese a través de varios ciclos iterativos de análise (Jiménez Aleixandre e López Rodríguez, 2007), no que as rúbricas son aplicadas aos datos, modificándose as categorías. A análise e os instrumentos empregados explícanse en detalle nos capítulos de resultados correspondentes.

3.9 Validez e fiabilidade nos estudos cualitativos

Para avaliar a calidade dos resultados derivados da investigación cualitativa empréganse criterios de validez e fiabilidade.

A *validez* dos resultados pode establecerse mediante o proceso de triangulación, contrastando datos de diferentes fontes, o que nos permite explorar tamén os resultados anómalos que teñamos (Creswell, 2005). Existen varios tipos de triangulación segundo Denzin (1978) triangulación de datos, do investigador, de teorías e metodoloxía. A utilizada neste estudo é a triangulación de datos. Así, os distintos tipos de datos permítenos corroborar os resultados obtidos, por exemplo contrastando os deseños escritos nos informes de laboratorio coas accións e discurso das gravacións, así como coas entrevistas individuais.

En canto á *fiabilidade* do estudo, refírese ao grao no que medidas consecutivas dun concepto dan o mesmo resultado (Menard, 2008). Para isto, tanto as rúbricas elaboradas para a análise como a codificación dos datos nas categorías de cada rúbrica, foi realizada pola investigadora e a directora por separado, chegando a unha porcentaxe satisfactoria de análise para cada parte do estudo.

3.10 Consideracións éticas

Dado que estamos realizando un estudo con seres humanos, é preciso ter en conta unha serie de consideracións éticas (Snape e Spencer, 2003):

- *Consentimento informado*: todos os participantes foron informados do obxectivo da investigación e o uso que se faría dos seus datos. Como neste caso os estudantes eran menores de idade, solicitouse un permiso por escrito aos pais e ao director dos centros educativos participantes no estudo, que devolveron asinado antes de comezar coa toma de datos. Este permiso solicitouse para cada ano que durou o estudo. Unha copia do formulario utilizado para ambos permisos recóllese no anexo 4. Tamén foi solicitado o consentimento dos docentes.

- *Anonimato*: para garantir o anonimato dos participantes, remprazáronse os nomes do alumnado por pseudónimos, non coincidindo con ningún dos nomes reais dos participantes. En canto aos profesores referímonos a eles como profesor 1 e profesor 2.

- *Confidencialidade*: Para garantir a confidencialidade do estudo evitamos na medida do posible incluír datos dos centros en informes ou presentacións que permitan identificar aos participantes.

3.11 Limitacións metodolóxicas do estudo

Esta tese, como todos os estudos, presenta limitacións. Unha das máis significativas é a *perda de alumnos* do primeiro ao segundo ano do estudo lonxitudinal. Este é un factor incontrolable na investigación educativa, xa que ao traballarmos en condicións reais da aula é normal a diminución no número de alumnado de 3º a 4º de ESO, por ser a de 4º materia optativa.

A *duración do estudo* é outra limitación importante á hora de examinar o progreso do alumnado. Normalmente os estudos lonxitudinais realízanse de 3 a 5 cursos consecutivos, pero as características do centro, un CPI onde os alumnos rematan en 4º de ESO e despois van a centros diferentes a cursar o Bacharelato ou Formación Profesional, non nos permitiu continuar co estudo no tempo. Unha opción para ampliar a mostra no tempo sería comezar o estudo antes de 3º de ESO, por exemplo en 1º ou 2º na materia de ciencias da natureza o que presentaba dificultades porque non as imparte o mesmo profesor. E dado que se trata dun estudo ao longo do tempo, o ideal é que non varíen as características do mesmo na medida do posible.

A *temática diferente das tarefas* a realizar é unha limitación á hora de analizalas, debido a que unhas poden resultar máis complicadas para os estudantes que outras. A pesar de que todas presentan unha estrutura similar, cada unha implica a aplicación de contidos moi diferentes (reaccións químicas, enlace, conductividade e solubilidade ou polaridade). A xustificación desta variedade de contidos está na natureza do estudo, ao analizar o traballo de laboratorio, temos que adaptarnos aos contidos que se imparten en cada curso e ao tempo que se destina para o laboratorio, xa que se pretende xerar coñecemento que teña aplicabilidade para as clases de ciencias, é dicir innovación sustentable, que poida levarse a cabo nas escolas. Por esta razón, o contido e a duración das actividades axustouse na medida do posible ao contexto real da aula.

Por último cabe indicar que os estudos de caso non son, pola súa natureza, xeralizables. Porén, o obxectivo é xerar coñecemento sobre os procesos de aprendizaxe, o que precisa deste tipo de análise en detalle, que pode complementar outros estudos de carácter cuantitativo.





II RESULTADOS



A parte II do estudo aborda os resultados da investigación. Esta divídese en dous estudo: un estudo *preliminar* levado a cabo na formación do profesorado e que ten implicacións no deseño do estudo *principal*, que consiste nun estudo lonxitudinal levado a cabo en alumnado de secundaria.

O estudo preliminar preséntase no capítulo 4, mentres que o estudo principal abórdase nos capítulos 5 ao 9.



CAPÍTULO 4

ESTUDO PRELIMINAR

CONTEXTUALIZACIÓN: COMO EVITAR QUE ESCUREZAN AS MAZÁS CORTADAS?

4.1 Introducción: obxectivos e interese do estudo

Este estudo preliminar correspóndese cunha parte da investigación presentada como traballo fin de máster (TFM), que conduce á etapa de tese, no departamento de didáctica das ciencias experimentais da USC durante o curso 2010-2011 (Crujeiras, 2011). Nel examinamos a operación epistémica de construción de coñecemento denominada *contextualización*. A noción de contextualización (*contextualizing*) foi proposta por Lemke (1990) como una práctica semiótica que consiste en vincular as accións cos seus contextos de uso ao elaborar os significados. Esta definición foi ampliada por Jiménez Aleixandre e Reigosa (2006) para incluír as conexións establecidas entre os conceptos e o seu contexto de uso, neste caso a resolución dunha actividade de laboratorio.

Os obxectivos deste estudo son:

1. Examinar o proceso de contextualización como conexión do coñecemento relevante ao contexto, transformándoo en decisión e accións prácticas para resolver unha actividade de indagación no laboratorio.
2. Caracterizar as dificultades que encontran os participantes para identificar o coñecemento científico relevante nunha actividade aberta, na que non se especifica o coñecemento conceptual que é preciso utilizar.

O interese deste estudo reside por unha banda nas demandas do currículo de educación secundaria (DOG, 2007; MEC, 2007), que inclúe en todas as materias de ciencias como bloque 1 de contidos a familiarización coas características básicas do traballo científico, é dicir coas prácticas científicas. E por outra nos beneficios que supón a aprendizaxe das ciencias a través de actividades de indagación no laboratorio (e.g. Caamaño, 2012; Hodson, 1998).

Aínda que o estudo central da tese aborda o desenvolvemento da competencia científica a través da participación nas prácticas científicas por parte do alumnado de secundaria, este estudo preliminar céntrase na formación do profesorado. Examinar como leva a cabo este tipo de actividades unha mostra de profesorado (todos licenciados en carreiras do ámbito científico), que posúen, en teoría, os coñecementos teóricos e as destrezas de investigación necesarias, aporta información sobre os procesos implicados na resolución destas actividades. Esta información é relevante para o deseño do estudo central da tese. Algunhas das dificultades que os participantes poden encontrar durante o proceso de resolución poden ser similares ás encontradas polo alumnado de secundaria. Isto ten implicacións tanto a nivel de investigación como para os participantes de cara á súa práctica docente. Coñecer a forma de afrontar este tipo de actividades permite ao profesorado realizar unha andamiaxe máis efectiva cos seus estudantes.

4.2 Metodoloxía

Este estudo enmárcase na investigación cualitativa, empregando un estudo de caso (Swanborn, 2010) para describir e explicar os procesos de contextualización que levan a cabo os participantes durante a realización da actividade de laboratorio.

4.2.1 Participantes, contexto e tarefa

Nestre traballo analízase o discurso de tres pequenos grupos de profesores e investigadores en formación mentres realizaban unha actividade de indagación no laboratorio. O grupo A (N=3), cursaba o Máster de Investigación en Didáctica das Ciencias e da Matemática. Os grupos B (N=3) e C (N=4), parte dun grupo de 19 estudantes, dos que só os estes accederon a ser gravados, cursaban o Máster de

Profesorado de Educación Secundaria Obrigatoria e Bacharelato da especialidade de Ciencias Experimentais. Ambos máster son impartidos na Universidade de Santiago de Compostela, e nas sesións interactivas de ambas materias demandábase ao alumnado a aplicación de coñecementos científicos para resolver actividades abertas. Os tres participantes do grupo A son licenciados en bioloxía, os do grupo B en bioloxía e física e os do grupo C en bioloxía, ciencias ambientais e enxeñaría. Os participantes identifícanse con pseudónimos empezando pola letra de cada grupo e respectando o xénero.

A actividade de laboratorio deseñouse como un problema auténtico. Isto implica, a) un problema que non ten solución obvia e inmediata; b) situado na vida cotiá; c) aberto, con varias solucións potenciais, e d) que require indagar, experimentar, para resolvelo (Jiménez, 2003). Solicita a mellor solución para evitar o escurecemento das mazás cortadas. Proporcionáanse distintos recursos materiais e o valor de pH das substancias no guión, reproducido no anexo 1.

Para resolver o problema do escurecemento, os participantes deben formular hipóteses, planificar e poñer en práctica un deseño experimental para contrastalas, interpretar os resultados e elaborar conclusións.

Os docentes (nos grupos B e C a directora da tese) encargados de impartir as materias proporcionaron algunhas indicacións verbais na planificación do deseño e na consideración de que as mazás son seres vivos. Cabe subliñar que o grupo A, ao constituír a totalidade do alumnado da materia, recibiu unha atención máis personalizada por parte do docente. Os grupos B e C formanban parte dunha clase de 5 grupos, polo que a axuda docente se repartía entre todos, proporcionándose cando un grupo o solicitaba ou cando a docente observaba que a precisaban.

4.2.2 Modelo de referencia para a resolución da actividade

Para analizar os procesos de contextualización dos participantes elaboramos un modelo de referencia para a resolución da actividade. Consideramos que para resolver a tarefa os participantes deberían facer uso de catro tipos de coñecemento:

- Químico: deben identificar e aplicar os conceptos de oxidación e pH.

- Biolóxico: deben enmarcar o problema na actividade enzimática, no sentido de que nas células e tecidos dos seres vivos (como os que constitúen as mazás) moitas reaccións están catalizadas por enzimas.

- Empírico: en grande parte relacionado coa experiencia na cociña, como por exemplo o emprego do zume de limón como conservante.

- Prácticas científicas: teñen que utilizar estratexias propias da actividade científica: elaboración do deseño experimental, formulación e contraste de hipóteses e interpretación de resultados.

Alguns destes coñecementos e informacións están explícitos no guión da actividade como por exemplo o pH das distintas substancias. Outros, como a elaboración do deseño experimental, están implícitos e algúns como a actividade enzimática non figuran, sendo a expectativa que os participantes identificasen o coñecemento relevante a utilizar.

Unha posible resolución adecuada consistiría no deseño dunha proba que contemplase como mínimo dúas variables: a) o contacto co aire e b) os diferentes pHs, xustificándoo en que os pHs baixos inhiben a actividade enzimática. Cómpre sinalar que no guión da actividade entregado aos participantes, proporcionábase o valor do pH das substancias, pero non se explicitaba a natureza enzimática da reacción, o que puido dificultar o proceso de resolución da actividade.

A figura 4.1 mostra, en formato do esquema de argumentación de Toulmin, un posible marco de referencia (pode haber outros) para a resolución.

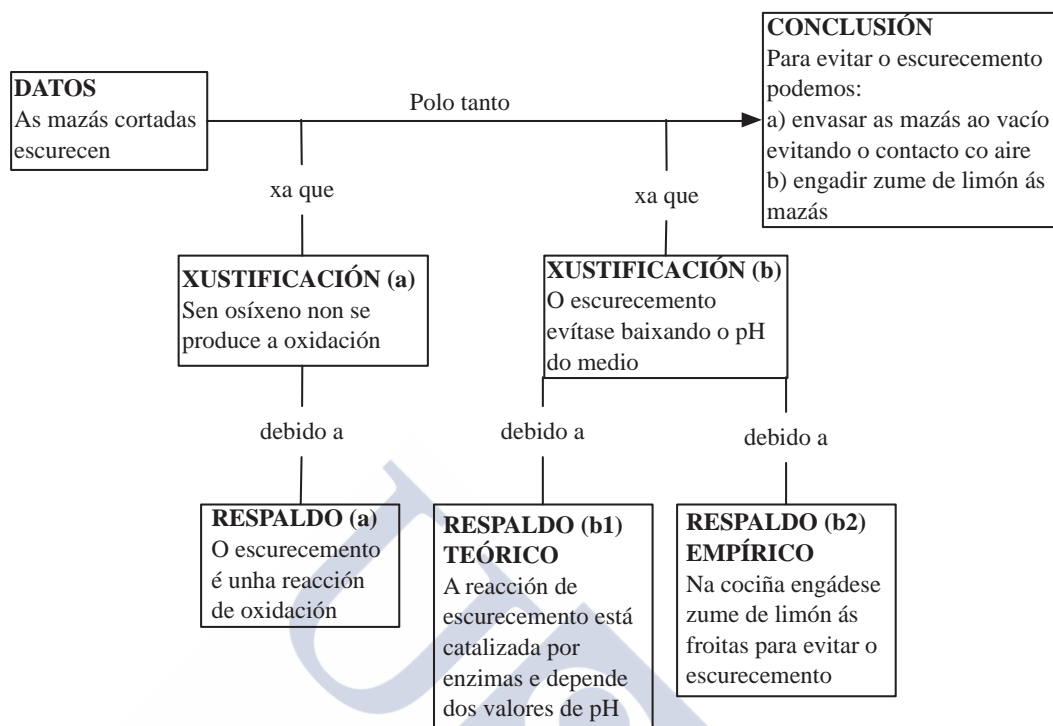


Figura 4.1 Marco de referencia potencial para a resolución da actividade

A actividade céntrase na práctica de indagación. Porén, as distintas prácticas científicas están relacionadas, e a indagación experimental conleva a *avaliación* de coñecementos, sexa na forma de avaliación de hipóteses iniciais, mediante contrastacións empíricas, sexa na forma de interpretación dos resultados e elaboración de conclusións. A figura 4.1 fai explícito que a indagación non parte dunha ausencia de ideas, senón de hipóteses iniciais sobre posibles solucións ao problema. Á súa vez, estas hipóteses (que na figura 4.1 corresponden ás conclusións), elabóranse partindo de coñecementos teóricos ou empíricos, que permiten conectar datos e conclusións mediante xustificacións.

4.2.3 Ferramentas de análise

O enfoque metodolóxico deriva da análise do discurso e céntrase nas operacións de contextualización levadas a cabo, en termos de movementos discursivos, contido dos episodios e tempo que os participantes adican a cada práctica para resolver a actividade. Coincidimos con Wickman e Östman (2002) en considerar a aprendizaxe como un conxunto de procesos discursivos de

construción de significados elixindo como unidade de análise as accións (incluíndo as conversas).

Examinamos as operacións de contextualización dos participantes caracterizadas como movementos discursivos de *transformación desde definicións até decisións e accións* prácticas (Jiménez Aleixandre e Reigosa, 2006). As operacións de contextualización distribúense en episodios en función dos tipos de coñecemento aplicados para resolver a tarefa: químico, biolóxico, empírico e prácticas científicas. Para o cálculo do tempo que os participantes adican a cada episodio empréganse as gravacións de audio, sumando os tempos correspondentes a unha mesma operación. As categorías detállanse nos resultados.

4.3 Análise das operacións de contextualización

Para a análise dos datos, dividimos as transcripcións das gravacións en episodios seguindo a Gee (2005) e elaboramos unha rúbrica que comprende cinco categorías representando as operacións de contextualización levadas a cabo polos participantes durante a resolución. Estas categorías, adaptadas das propostas por Jiménez Aleixandre e Reigosa (2006), construíronse en interacción cos datos e representan o uso que os participantes fan do seu coñecemento. A noción de contextualización emprégase de distinto modo a Jiménez Aleixandre e Reigosa (2006). Estes autores emprégana para documentar como o alumnado *constrúe significados* concretos sobre a neutralización e molaridade no laboratorio e como estes significados *cambian* a través da súa conexión ao contexto do problema. Neste estudo empregamos a noción de contextualización para analizar os *tipos de coñecemento* utilizados polos participantes e como *conectan* cada tipo de coñecemento ao contexto da actividade.

Na táboa 4.1 resúmense os resultados sobre o tipo de coñecemento utilizado en cada operación de contextualización, o número de episodios identificados para cada operación e o tempo que representa cada unha.

Categoría	Tipo de coñecemento	Episodios (N)			Tempo (min)		
		GA	GB	GC	GA	GB	GC
Contextualización do coñecemento nunha decisión	Q	3	-	1	1.2	-	0.4
	E	5	2	2	2.2	1.1	0.4
	PC	1	2	3	2.6	2.3	2.7
	<i>Total</i>	9	4	6	6.0	4.2	3.5
Contextualización do coñecemento nunha acción	PC	11	6	5	12.9	19.1	8.2
Uso do coñecemento como recurso para enmarcar a tarefa	B	1	-	-	3.3	-	-
Uso de coñecemento como recurso para interpretar o proceso	Q	9	7	4	9.3	20.2	2.1
	B	4	1	3	4.6	0.1	3.3
	B/Q	6	-	5	5.7	-	9.7
	Total	19	8	12	19.6	20.3	15.1
Uso do coñecemento para proporner unha solución	Q/ E	1	1	5	0.1	-	1.6
	B/E	1	2	-	0.4	0.3	-
	Q/PC	3	-	2	4.2	-	3.1
	B/Q/PC	1	-	-	1.1	-	-
	<i>Total</i>	6	3	7	5.8	0.3	4.7
Total		46	21	30	41.6	33.9	31.5

Táboa 4.1 Operacións de contextualización. Lenda: B=biolóxico; E= empírico; Q= químico; PC= Prácticas científicas.

Como se representa na táboa 4.1, o número de episodios e o tempo que representa cada operación son diferentes en cada grupo. En negrita indícase a operación á que adican máis tempo, que é a mesma para todos, uso do coñecemento como recurso para interpretar o proceso. En canto ao tempo, a pesar de que a sesión ten a mesma duración nos tres grupos (120 minutos), o tempo adicado á actividade é diferente. O grupo A utiliza 73 minutos para resolver a tarefa e o resto da sesión dedícase a outra actividade. Os grupos B e C empregan 104 minutos para resolver a actividade e o resto da sesión discuten os resultados obtidos en cada pequeno grupo. A continuación caracterízase cada operación de contextualización, documentándoa con exemplos dos distintos grupos.

a) Contextualización do coñecemento nunha decisión

Situamos nesta categoría os episodios nos que os participantes fan uso de coñecementos para decidir ou propoñer unha solución ao escurecemento da mazá. Está relacionada coa utilización de tres tipos de coñecemento: químico, empírico e

prácticas científicas. En teoría podería estar relacionada tamén co coñecemento biolóxico, mais non se deu este caso en ningún grupo.

a.1) Contextualización do coñecemento *químico* (CQ) nunha decisión: Un exemplo desta operación é a decisión de envasar a froita ao vacío para evitar o contacto co osíxeno, ao consideraren a reacción como unha oxidación, como se observa no seguinte fragmento de transcripción do grupo A:

Participante	Turno e fragmento transcripción	Operación
Andrés	22.1: Bueno aquí que se podería facer para que a fruta se manteña en perfecto estado?	Identificación do problema
	22.2: O que habería que tratar é envasala ao vacío o máis pronto posible, ou tratar de que non se oxide	Decisión
	22.3: Se se oxida, que non se puxera en contacto co osíxeno.	CQ

Andrés conecta o seu coñecemento sobre oxidación co contexto do problema ao considerar o escurecemento provocado polo contacto co osíxeno do aire. Polo tanto propón como solución envasar a froita ao vacío, o que impediría o contacto co aire evitando o escurecemento. A contextualización é relevante e, en termos do marco de referencia da figura 4.1, propón a decisión (a), conectada aos datos coa xustificación (a) e respaldo (a), ademais dun cualificador modal, 'o máis pronto posible'. A solución é válida, aínda que non parece factible no laboratorio escolar. Interpretamos que están dando unha solución para a empresa (como pide a tarefa) aínda que non se podería levar a cabo cos materiais proporcionados ou existentes no laboratorio. O feito de que se propoña esta solución moi pronto, no turno 22, parece indicar unha tendencia a resolver a actividade de forma rápida sen reflexionar sobre os diferentes tipos de coñecemento (químico, biolóxico, prácticas científicas e empírico) necesarios, nin integrais, tendencia identificada por Reigosa e Jiménez (2000; 2007) como parte da 'cultura escolar estereotipada'. Esta tendencia obsérvase tamén no grupo C, que toma a mesma decisión de envasala ao vacío, ao inicio da sesión (turnos 2-4):

Participante	Turno e fragmento transcripción	Operación
César	2:Podemos envolver cada gajo de naranja con plástico y ya está, y después lo llevas a clase al vacío.	Decisión
Celso	3:Ahí no dice que pongas nada al vacío	Obxección (referencia ao guión)
Carlos	4:Ya, pero pone: o con otro material que consideres necesario. Tío, pues en una olla express y botes de cristal y ya está. Envase al vacío y listo.	Apoia a decisión

No grupo B non aparece esta subcategoría, xa que non atribúen o escurecemento ao contacto co osíxeno, explícita nin implicitamente. Ademais, este grupo non toma ningunha decisión que implique o coñecemento químico.

a.2) Contextualización do coñecemento *empírico* (CE) nunha decisión. Correspóndese co emprego dos coñecementos da vida cotiá, por exemplo a experiencia das mulleres na cociña, para intentar resolver o problema. Un exemplo desta operación no grupo A é o seguinte:

Participante	Turno e fragmento transcripción	Operación
Ana	106:Pero, normalmente para conservar se lle bota ácido, se lle bota ou zumo de vinagre, boh, zumo de limón, ou...	Decisión / CE
Investigadora	107:Pues puedes probar, para eso están ahí los materiales	-
Ana	108:Normalmente ás macedonias para que non se oxiden se lles bota zumo de limón	CE
Andrés	109:Si, son conservantes, o vinagre é conservante	CE
Alba	110:Venga, entonces vamos a cortar aquí [<i>Corta varios anacos de mazá</i>]	Decisión
Investigadora	111:¿Y por qué se le echa zumo de limón?	
Andrés	112:Porque ten un pH moi ácido	Identificación do pH como factor que afecta á reacción CQ

Ana contextualiza o coñecemento empírico, a experiencia da cociña para evitar a oxidación, conectándoo co contexto do problema. Correspondería á

decisión (b) e xustificación (b2) do marco da figura 4.1. Neste caso, ademais do coñecemento empírico, parecen ter en conta como factor determinante o pH, é dicir a xustificación (b1) (e non o osíxeno).. Tamén podería interpretarse que propoñen usar ácidos por seren usados na cociña. Nos grupos B e C hai referencias ao pH, mais son implícitas.

a.3) Contextualización das *prácticas científicas* nunha decisión. Entendido como as prácticas científicas nas que os participantes participan co propósito de encontrar unha solución ao escurecemento. Neste caso por exemplo planificación, emisión de hipóteses e elaboración dun deseño experimental. Un exemplo recóllese no seguinte fragmento do grupo A:

Participante	Turno e fragmento transcripción	Operación
Andrés	309.1: Al cortarla se oscurecía...	Dato, contexto do problema
	309.2: Bien, entonces, sabemos, de momento si a meten en limón non se oscurece, si a metemos en vinagre non se oscurece, se a metemos en auga xa está cambiando a cor: Ou non? Si simplemente collemos o film e estamos tapando co film tamén escurece,	Interpretación: Comparación de distintas probas realizadas
	309.3: E ademais xa se nota.	Observación
Ana	310: E moito	
Investigadora	311: E porque será? Si está tapado?	-
Andrés	312: Está tapado, porque sigue tendo osíxeno aínda, nós non lle sacamos todo o osíxeno que hai.	Interpretación: problema técnico
Investigadora	313: Vale	-
Andrés	314.1: Teríamos que facer, en tal caso, ao vacío, non? Se fixeramos ao vacío, entón poderíamos comprobar, ou podíamos ter polo menos máis idea..	Decisión: Planificación
	314.2: Ben, agora imos probar...	Decisión: Posta en práctica
	314.3: O da auga non acaba de dar bo resultado.	Interpretación

Aquí Andrés recapitula cada un dos pasos xa dados e probas realizadas, contextualizando as observacións do que foi sucedendo en cada unha. Á vista dos resultados de tapar co film, deciden que habería que facer o vacío. Interpretamos este fragmento como planificación.

Respecto a esta operación de contextualización esperábase que os participantes elaborasen un deseño experimental que lles permitise resolver o problema a partir dos datos proporcionados, por exemplo do pH, e dos coñecementos que posuían. En vez de seguir unha heurística de forma sistemática, decidiron probar con todos os materiais proporcionados, mais non seguindo unha planificación.

Nos grupos B e C a participación nas prácticas científicas resulta máis contextualizada, xa que elaboran un deseño experimental algo máis sistemático. O deseño consiste en numerar as mostras que van preparar e cómo. Aínda que na fase de deseño descartan utilizar o bicarbonato e o sal en base aos valores de pH proporcionados no guión, na posta en práctica do deseño deciden probar con todos os materiais proporcionados. Esta cultura de considerar que todo o material proporcionado debe ser usado é identificada tamén por Reigosa e Jiménez (2000; 2007). Un exemplo que da elaboración do deseño é o seguinte fragmento correspondente ao grupo B:

Participante	Turno e fragmento transcripción	Operación
Benito	51: Ah bueno, entonces tenemos la manzana con: uno, dos, tres, cuatro, siete, ocho y nueve.	Decisión nº mostras / productos fornecidos
Berto	52: Ya pero: En disolución cuántas son?	Pregunta de clarificación: nº de mostras
Benito	53.1: Son tres, a menos que queramos hacer combinaciones de ellas. 53.2: Hombre de disoluciones podíamos hacer: uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis y siete, pero no tenemos tantos cacharros.	Aclaración Decisión: Proposta de mostras en disolución

Os participantes deciden as substancias que van probar e asígnanlle números. Ademais deciden facer unhas probas en disolución e outras coas substancias sólidas. Isto mostra que non teñen en conta que as reaccións nos seres vivos sempre teñen lugar en disolución, o que interpretamos ser debido a que non enmarcan o proceso de escurecemento nos procesos biolóxicos.

b) Contextualización do coñecemento nunha acción

Situamos nesta categoría os episodios nos que os participantes contextualizan as prácticas científicas na realización dunha acción. Sitúanse aquí mesmo os casos nos que estas prácticas son empregadas de xeito non totalmente apropiado, debido nalgúns casos á falta de planificación do deseño. Por exemplo dous grupos, A e B non teñen en conta a necesidade de dispoñer dunha mostra de control para examinar o efecto das distintas substancias, durante a realización das probas (o grupo C si). Teoricamente podería haber exemplos de contextualización dos coñecementos biolóxico, químico ou empírico nunha acción, mais non se identificou ningún. Un exemplo do grupo A:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Profesor	703:Hombre aún podéis utilizar alguna cosa que tenga pH más alto o más bajo.	-
Andrés	704:Si, podemos coller o sal	Selección da substancia a utilizar
Alba	705:Bicarbonato, para eso	Descarta a proposta de Andrés e suxire outra substancia
Andrés	706:E bicarbonato con pH máis... [manipulan o bicarbonato e o sal]	Identifica variable
Profesor	707:A sal xa a usáchedes	-
Andrés	708.1:No, sal no. 708.2:Co bicarbonato de sodio botámoslle un pouco e probamos	Resposta á pregunta Acción: realización da proba
Profesor	711:¿Por qué bicarbonato y no sal? O ¿Por qué sal y no bicarbonato?	-
Andrés	712: Podemos probar os dous	Selección doutra substancia a utilizar
Profesor	713: No, pero no se trata de probarlos , sino de decir por qué se podrían usar o no.	-

Pódese observar que os participantes manipulan distintos materiais sen antes elaborar un deseño claro ou plan sistemático. Por exemplo hai materiais, como o bicarbonato, que non terían por que probar se relacionasen os coñecementos que posúen (1) os pH baixos inhiben a acción enzimática; 2) coñecemento empírico, non se usa bicarbonato na cociña para evitar o escurecemento) e a información aportada (pH do bicarbonato: 8,4). Interpretamos que isto é debido á ausencia dun

deseño experimental sistemático. En vez de seguir unha heurística definida manipulan todos os materiais proporcionados para intentar obter unha solución a partir da observación do efecto na mazá. Noutras palabras, actúan máis ben por ensaio e erro. Nos turnos 711 e 713 o profesor intenta guiar aos participantes cara a planificación ou revisión dun deseño experimental, aínda que sen éxito.

Nos grupos B e C sucede algo semellante. Aínda que elaboran unha especie de deseño experimental, non é útil para resolver o problema, xa que non emiten hipóteses. Actúan do mesmo xeito que o grupo A probando con todos os materiais fornecidos. Un exemplo no grupo C recóllese no seguinte fragmento:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Investigadora	92:No significa que tengáis que probar con todo	-
César	93:Ya, claro	
Carlos	94:Pero si tenemos que hacer un diseño experimental tendremos que probar con todo para ver si descartamos todas las variables.	Planificación
Investigadora	95:Pero tú con el conocimiento científico que tienes puedes saber si algo de lo que hay aquí puedes descartarlo o no, dependiendo de lo que te pide el problema	-
Carlos	96:Ah, entonces descartamos todo lo neutro y lo básico.	Acción

A investigadora trata de que os participantes utilicen o coñecemento científico para poñer en práctica o deseño que fixeron, para evitar que utilicen todos os materiais de forma pouco sistemática, o que logra só en certa medida (turno 96). Isto coincide cos resultados de Reigosa e Jiménez Aleixandre (2000), que identifican a utilización de estratexias características da cultura escolar para resolver as actividades de laboratorio abertas.

c) Uso do coñecemento como recurso para enmarcar a tarefa

Situamos nesta categoría os episodios nos que os participantes consideran, grazas á axuda do profesor, o factor clave da reacción, a actividade enzimática. Até ese momento consideran como factor clave só a presenza de osíxeno. Un exemplo pode ser:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Andrés	671:Pois cando se rompe unha célula libéranse un montón de enzimas por aí, que poden atacar ao resto dos tecidos,e poden... por exemplo.	Uso do CB: enzima nas células
Profesor	672:Bien, ¿y que más pueden hacer?	-
Andrés	673:Y que más pueden hacer? Cando se rompen? Bueno, cando se rompen células, se estaban vivas poden morrer.	Intenta dar resposta
Profesor	674:No bueno, xa morreron, agora xa morreron as células, agora imos cara abaixo	-
Andrés	675:Libéranse, sustancias que estaban aí, por exemplo enzimas	CB actividade enzimática
Profesor	676:Sí, sí ¿y entonces que pueden hacer esas sustancias? O ¿qué le puede pasar a esas sustancias?	-
Andrés	677:A esas sustancias...	
Ana	678:Se alteran	(sustancias: mazá)
Andrés	679:Altéranse co osíxeno, oxídanse	Conecta problema con actividade enzimática-osíxeno

A axuda do profesor é un factor clave para dirixir aos participantes cara a presenza dos enzimas na reacción, xa que sen a súa axuda pode que os participantes non fosen capaces de facelo. Isto é tal vez debido a que non está presente no enunciado da actividade. Esta categoría só se identificou no grupo A, pois nos grupos B e C, a pesar de indicar no enunciado que se trata de reaccións que ocorren nos seres vivos, non son capaces de interpretar o proceso como unha reacción enzimática, o que dificulta a resolución da actividade.

d) Uso do coñecemento como recurso para interpretar o proceso

Situamos nesta categoría os episodios nos que os participantes empregan o coñecemento para interpretar o escurecemento. Subdivídese en tres subcategorías en función do coñecemento ou combinación de coñecementos empregados.

d.1) Uso do coñecemento *químico* (CQ) para interpretar o proceso. Os participantes interpretan o escurecemento da mazá como unha reacción de oxidación que depende do pH, tratando de empregar o coñecemento teórico sobre

as reaccións de oxidación-redución para encontrar a causa. Un exemplo no grupo A:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Andrés	518.1:Cando lle botamos ácidos estamos producindo máis hache mais $[H^+]$, non? e facemos que o pH, pois, se volva máis ácido, non?	CQ
	518.2:Si, pero ... evitamos que se oxide? E evitamos que se estropee?	Conexión ao contexto
Ana	519: Evitamos que se lle forme esa capa.	Interpretación
Andrés	520:Esa capa, que nos interesa que non se lle forme, vale.	do escurecemento
Ana	52:Entón evitamos a oxidación	CQ

Andrés intenta explicar o efecto do pH na oxidación a partir da definición de ácido de Arrhenius, en vez de empregar a de Lewis, que é a aceptada como estándar, na que son os electróns os que varían no proceso. Podería ser que falar de H^+ lles dificulte a comprensión da reacción, xa que saben que nas reaccións de oxidación interveñen os electróns, e non o chegan a relacionar co pH. Aínda que para solucionar o problema non é necesario empregar ningunha destas definicións, xa que non é o pH o único factor determinante da reacción de oxidación, senón a actividade enzimática que depende dos valores de pH.

No grupo B tamén interpretan a reacción como unha oxidación sen relacionala co pH. Debido a isto abandonan a idea de que o escurecemento pode ser froito dunha reacción de oxidación e a interpretan como unha reacción ácido-base. Un exemplo recóllese no seguinte fragmento:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Benito	253:No aumenta ni H ni OH	CQ
Brais	254.1:Es lo que dice Benito, no da lugar a incrementos, entonces no se puede notar la acidez ni la basicidad.	Apoia o enunciado de Benito
	254.2:Yo tengo la idea de una reacción iónica, de que un compuesto en agua da lugar a los iones, pero no estoy seguro, tampoco.	Interpretación do escurecemento

Neste fragmento os participantes utilizan implícitamente a definición de ácido de Arrhenius, para encontrar unha explicación á influencia do pH, xa que interpretan a acidez como o incremento de ions $[H^+]$ e a basicidade como o

incremento de ions $[OH^-]$. Isto fai que interpreten o proceso de escurecemento como unha reacción ácido-base en vez dunha reacción de oxidación catalizada por enzimas.

d.2) Uso do coñecemento *biolóxico* (CB) para interpretar o proceso. Os participantes interpretan a acción de cortar a mazá como a rotura dunha 'capa protectora' (a 'monda') e tratan de identificar os compoñentes básicos da mazá (glúcidos). Un exemplo destas interpretacións é o seguinte:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Investigadora	165:Claro, pues entonces tú al cortar, ¿que estás haciendo?	-
Andrés	166:Eu ao cortar estou.....	Intento de resposta
Ana	167:Estás eliminando a capa protectora e poñéndoa en contacto co aire, no? A capa protectora é a monda, que evita...	Interpretación do proceso de corte da mazá

Neste fragmento a investigadora pretende axudalos, promover a reflexión sobre o significado do corte, co obxectivo de que teñan en conta a organización celular da materia xa que, a pesar de saber que a mazá está formada por células e tecidos, non usan este coñecemento para interpretar que ao cortala estas células rompen. Este sería o paso inicial para identificar o proceso como unha reacción enzimática. En vez diso, os participantes asocian o proceso de corte como a rotura dunha capa protectora que protexe á mazá do contacto co osíxeno.

No grupo B fan referencia ao coñecemento biolóxico para contextualizar o proceso de escurecemento como unha reacción biolóxica, pero sen entrar en detalle, como se recolle no seguinte fragmento:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Berto	82:Esto tiene pinta de ser una reacción más enfocada a la biología. Bueno, no sé qué le pasa a esto ¡Mira!	Identificación do proceso como biolóxico

Este exemplo é o único no que o grupo fai referencia ao carácter biolóxico da reacción.

No grupo C empregan o coñecemento biolóxico para explicar o proceso de escurecemento. Atribúen a causa á acción bacteriana, como se recolle no seguinte fragmento:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
César	271:Pues mis hipótesis son las bacterias y no me hacen ni caso y porque no están en el aire, porque no llevan, no llevan, no llevan. Esa es mi hipótesis!	CB: acción das bacterias

Neste fragmento César interpreta o escurecemento como consecuencia das bacterias que entran en contacto coa mazá, e non considera que o aire sexa o factor determinante, porque segundo el non hai bacterias no aire.

d.3) Articulación do coñecemento *biolóxico (CB)* e *químico (CQ)* para interpretar o proceso. Neste caso combínase o coñecemento biolóxico (enzimas) co o coñecemento químico (oxidación) para explicar o proceso de escurecemento. Por exemplo:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Investigadora	526:Pero porque se... vale tú, con el contacto con el oxígeno se oxida, pero porqué se oxida? O sea, ¿qué es lo que hace se oxide?	-
Andrés	527:Oxídase porque lle arrancas electróns	CQ
Ana	528:Claro	
Andrés	529:Perde electróns	CQ
Investigadora	530: Pero hay algo que ayuda a que se oxide más.	-
Andrés	531:Hai algo que oxida máis?Bueno, tamén varía, pode variar a temperatura, ao mellor tamén que poda haber por aí. É unha variable que podemos ter en conta? Pero non, non estabamos pensando nesto.	Identificación de variables que non afectan á reacción
Ana	532:As enzimas fan que se acelere a velocidade da reacción.	CB: conexión coa oxidación
Investigadora	533:Vale	-

Neste fragmento Andrés interpreta o proceso como unha oxidación e emprega o coñecemento químico para explicar por qué se oxida a mazá cando se corta. Ana (turno 532) identifica as enzimas como substancias que aceleran a reacción de escurecemento. De momento aparecen só como un factor que acelera, e non como un factor do que a ausencia pode inhibir a reacción. A actividade

enzimática aparece por vez primeira neste turno 532 o que mostra as dificultades que experimentan os participantes para recoñer a presenza dos enzimas.

No grupo B non aparece esta subcategoría porque non relacionan estes dous tipos de coñecemento. No grupo C articulan conceptos químicos e biolóxicos diferentes aos do grupo A: relacionan o proceso de escurecemento co proceso de maduración da froita e propoñen a combinación de dous aspectos a acción bacteriana (biolóxico) e o desprendemento de etileno (químico). Un exemplo recóllese no seguinte fragmento:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Carlos	242.1:Pues tenemos dos posibles [explicacións]: una es que hay microorganismos que provocan eso y están ahí para oxidar la manzana.	Articulación CB(microorganismos) -CQ (oxidación) na explicación do escurecemento
	242.1:Y la otra es que se acumule demasiado etileno que es el que liberan las células al pocharse y liberan etileno, y luego lo sabe él, porque lo sabe.	Articulación CQ (liberación de etileno)-CB (células) na explicación do escurecemento
Celso	243:O no al pocharse, simplemente liberan etileno	Interpretación
Profesora	244:Ao madurar?	-
Celso	245:Ao madurar, si	-

Neste fragmento de transcripción, os participantes interpretan o escurecemento da mazá como o proceso de maduración da froita. A profesora (non reproducido) reconduceos, aclarándolles que son dous procesos diferentes, co cal os participantes volven considerar o proceso de escurecemento como unha reacción de oxidación causada polo contacto co aire. Este grupo non relaciona en ningún momento o pH coa reacción de oxidación.

e) Uso do coñecemento como recurso para propoñer unha solución

Situamos nesta categoría os episodios nos que os participantes utilizan os distintos tipos de coñecemento para *propoñer unha solución* que evite o escurecemento. Esta categoría diferénciase da primeira en que aquí os participantes propoñen unha posible solución mentres que na primeira operación de contextualización utilízase o coñecemento para tomar decisións sobre o *deseño experimental a*

seguir ou o procedemento de resolución. Subdivídese en subcategorías en función da combinación de varios tipos de coñecemento.

e.1) Articulación do coñecemento *químico (CQ)* e *empírico (CE)* para propoñer unha solución, os participantes empregan tanto o coñecemento empírico de cociña como o químico (pH) para encontrar unha solución ao escurecemento:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Investigadora	111:¿Y por qué se le echa zumo de limón?	-
Andrés	112:Porque ten un pH moi ácido	Xustificación en base ao CQ

Andrés xustifica, apelando ao coñecemento químico a proposta de Ana (no turno 106, reproducido arriba) baseada na acción cotiá de botarlle zume de limón á froita para evitar o escurecemento. Dado que esta proposta de decisión aparece moito antes de que teñan en conta a actividade enzimática na reacción de oxidación (turno 532), non conectan o efecto que provoca o pH ácido no enzima e por tanto na reacción de oxidación. Até este momento, o único factor que consideran na reacción de oxidación é o osíxeno. Esta proposta de solución correspóndese coa conclusión b do marco de referencia indicado na figura 4.1. e xustifícase en base ao coñecemento químico (efecto de engadir unha substancia con pH ácido). No grupo C utilizan a mesma xustificación para a mesma acción cotiá, como se amosa no seguinte fragmento:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Carlos	14.1:Miña nai fai moita macedonia, e sempre lle bota zume de limón e acábase oxidando a froita, pero tarda moito máis que se non llo botas.	CE (efecto retardante do zume de limón)
	14.2:Entón, supoño eu que será porque o limón ten un pH moito máis ácido que os outros, bueno supoño eu.	CQ (relación pH ácido-inhibición)

Pola contra no grupo B non aparece esta subcategoría porque non explican químicamente ningunha acción cotiá.

e.2) Articulación do coñecemento *empírico (CE)* e *biolóxico (CB)* para propoñer unha solución, do mesmo xeito que no caso anterior, empregan o coñecemento empírico de cociña xunto co biolóxico (por exemplo presión

osmótica e deshidratación) para intentar resolver o problema do escurecemento, como aparece neste exemplo do grupo A:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Ana	115.1: No, no, pero non evita a oxidación, eh o azucre. 115.2: O azucre conserva porque produce deshidratación, normalmente, nas conservas, non? O efecto do azucre é a deshidratación.	Rexeita o uso do azucre como inhibidor da oxidación CE (deshidratación nas conservas)
Andrés Ana	116: O almíbar, umh 117: É unha presión osmótica superior fóra que dentro, e provoca deshidratación, entón non hai cultivo bacteriano.	CB (Presión osmótica-cultivo bacteriano)

Neste caso Ana explica, desde o punto de vista da bioloxía, o proceso cotiá de botarlle azucre á froita para conservala. Neste fragmento pode interpretarse que Andrés identifica conservación en bo estado de froita fresca coa das conservas (que impide procesos bacterianos), mentres que Ana (turno 115) distingue entre as dúas, considerando o escurecemento como unha oxidación, e indicando que o azucre non a evita. Esta identificación realizada por Andrés tamén aparece no grupo B, onde Berto utiliza o coñecemento biolóxico para explicar, porque se conserva a froita en almíbar:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Berto	29.1: Un azúcar en agua es un almíbar, porque hay mucha fruta en almíbar conservada.. 29.2: Seguramente impida la acción de las bacterias, porque no pueden trabajar en disolución de azúcar	CE (conservación da froita en almíbar) CB (acción bacteriana)

Neste caso parece que considera o escurecemento das froitas como un proceso bacteriano, sen ter en conta o osíxeno.

e.3) Articulación do coñecemento *químico (CQ)* e *prácticas científicas (PC)* para propoñer unha solución. Os participantes combinan a participación en certas

prácticas científicas (planificación do deseño experimental) co uso do coñecemento químico (pH) para encontrar unha solución:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Celso	16:Entonces tenemos que proponer un diseño experimental	PC (planificación)
Carlos	17:A ver, ¿qué se supone que nos pone? Nos pone: sal, azúcar, bicarbonato y vinagre.	Identificación de materiais a utilizar
César	18:Para, para! Tenemos que trabajar como los de verdad	
Carlos	19:No, pero da: naranja, limón, azúcar, agua del grifo...	Identificación de materiais a utilizar
Celso	20:Habría que hacer otros experimentos, por si acaso. Habrá que ponerlo a pH ácido y dejarlo en el agua que tiene pH neutro y luego con bicarbonato que tiene pH más básico, de 8,4.	CQ (pHs)

Neste fragmento Celso propón elaborar o deseño experimental en base ao valor de pH das substancias. A pesar de interpretar os valores de pH de cada substancia desde a química, non os relaciona co coñecemento científico sobre os seres vivos e as reaccións químicas. Isto provoca que non descarten ningún material na elaboración do deseño experimental.

Esta operación de contextualización aparece tamén no grupo A pero combinando outras prácticas científicas (observación-manipulación) co coñecemento químico (pH):

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Andrés	827:Ben, pero o caso é que [co bicarbonato] se vai a acelerar o proceso ¿non?	PC (Planificación: Hipótese)
Ana	828:No	Comparación do efecto de engadir distintas substancias
Andrés	829:Comparado co vinagre, ou comparado co...	
Ana	830:Acelerar o proceso?	-
Investigadora	831:Tú con los datos que tienes ahí ya tienes que saber lo que pasa, si observaste un caso, el otro, si tiene distinto pH, ¿qué va a pasar?	
Andrés	832:Se ten distinto pH vai facer o efecto contrario	CQ (efecto do pH na reacción)
Investigadora	833:Claro, entonces a ti eso no te interesa	-
Andrés	834.1:No, non nos interesa, simplemente o estábamos probando.	
	834.2:A nós o que nos vai interesar, á vista do que está aquí, e para que tamén as propiedades organolépticas da fruta non se vexan mermadas, eu creo que é a agua con azúcar.	Decisión

Neste caso os participantes propoñen unha solución á actividade a partir das observación realizadas nos distintos experimentos, e teñen en conta ademais do efecto do pH as propiedades organolépticas. Ponse de manifesto a falta de deseño experimental, xa comentada máis arriba, o cal dificulta encontrar unha solución que sexa científicamente aceptable. Este problema identificouse tamén nos outros grupos.

e.4) Articulación do coñecemento *químico* (CQ), *biolóxico*(CB) e *prácticas científicas* (PC) para propoñer unha solución. Os participantes empregan os tres tipos de coñecemento (pH, enzimas, e observación-manipulación) para encontrar unha solución ao escurecemento. Un exemplo é o seguinte:

Participante	Turno e fragmento de transcripción	Operación
Ana	714:Claro, o bicarbonato, o que vai facer, é subir o pH	CQ (efecto do bicarbonato na reacción)
Profesor Ana	715:Que es lo que se llama emitir una hipótesis 716:Entón, o que vamos a probar é si a acidez ou a alcalinidad ao mellor provoca esa alteración nos enzimas, non? podemos probar.	- PC (deseño)- CQ (acidez-basidade) - CB (alteración dos enzimas)
Andrés Ana	717:Si. 718.1:Entón o que estamos facendo é cambiar o nivel de pH. 718.2:Vemos que con pH ácido as enzimas non actúan, o sea, se retarda a acción. 718.3:O que podemos facer é que si poñemos un pH máis básico, ver se afecta ou non.	CQ CQ (pH)-CB (enzimas) PC (deseño, proba)

Neste caso considérase un intento non totalmente satisfactorio de articulación destes tres tipos de coñecemento, xa que a pesar de identificaren no turno 557 o papel do enzima como factor determinante da reacción, e de que Ana volve mencionar a actividade do enzima, non o teñen en conta e proban con bicarbonato para ver o efecto que provoca. Indican que o bicarbonato que ten un valor de pH maior de 7 e polo tanto básico. Entendemos que se tivesen en conta os enzimas deberían descartar o seu uso, xa que estes enzimas teñen un rango de pH óptimo situado entre 7 e 8.5 no que a súa actividade é máxima, polo tanto, co bicarbonato aceleraríase o proceso de escurecemento en vez de evitalo. Esta categoría só aparece no grupo A xa que os outros dous non interpretan en ningún momento o escurecemento como un proceso enzimático.

4.4 Discusión dos resultados

As categorías máis frecuentes son a d) uso do coñecemento para interpretar o proceso e a b) contextualización do coñecemento nunha acción. A categoría d é a máis frecuente nos tres grupos, representando un tercio do tempo total da sesión, o que indica que os participantes pasaron moito tempo buscando a causa do

escurecemento das mazás. Esta categoría divídese en varias, en función do tipo de coñecemento, sendo o uso do coñecemento químico a máis utilizada polos grupos A e B. Isto mostra que os participantes fan unha interpretación case exclusivamente química do proceso de escurecemento. Pola contra, no grupo C, a articulación do coñecemento biolóxico e químico é a máis utilizada. Aquí os participantes relacionan o escurecemento co proceso de maduración da froita causado pola acción bacteriana e o desprendemento de etileno.

O feito de que a segunda categoría máis frecuente sexa a contextualización do coñecemento nunha acción podería indicar que a falta de planificación dun deseño experimental axeitado dificulta o proceso de resolución da actividade, xa que os participantes pasan moito tempo probando con todos os materiais proporcionados para ver que ocorre, e a partir das observacións tratar de dar unha solución. Este resultado concorda cos de Krajcik et al. (1998) e Zimmerman (2000) que identifican a planificación dos deseños experimentais como una das dificultades principais para o alumnado cando se enfronta a actividades de indagación no laboratorio. Tamén coincide cos resultados de Reigosa e Jiménez Aleixandre (2000) sobre o uso de estratexias características da cultura escolar, é dicir estratexias estereotipadas para resolver actividades de laboratorio abertas, por exemplo usar o ensaio-erro para resolver a tarefa en vez de planificar un deseño.

O resto de operacións de contextualización representan tempos moito menores e algunhas, sobre todo as que implican coñecementos de bioloxía, tal vez non aparecerían en ningún grupo de non ser pola andamiaxe realizada polos docentes e a investigadora.

Cómpre destacar que o tempo adicado ao discurso ou accións non relevantes para a resolución da actividade (non incluído na táboa 4.1.) representan unha parte substancial da sesión nos grupos B (22 min) e C (30 min) e menos no grupo A (12 min). Isto non significa que os participantes estivesen falando de temas non relacionados coa actividade senón que o discurso non é relevante para resolvela, por exemplo unha discusión sobre a calidade das mazás (grupo A), o que

atribuímos á complexidade da tarefa. O tempo restante da sesión até completar os 120 minutos corresponde ás intervencións dos docentes e investigadora.

Para axudar a comprender de forma máis clara como se desenvolve a actividade en cada grupo, descríbese a continuación o proceso de referencia da contextualización e o resumo dos procesos en cada grupo. Estes diagramas represéntanse nas figuras 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5 respectivamente.

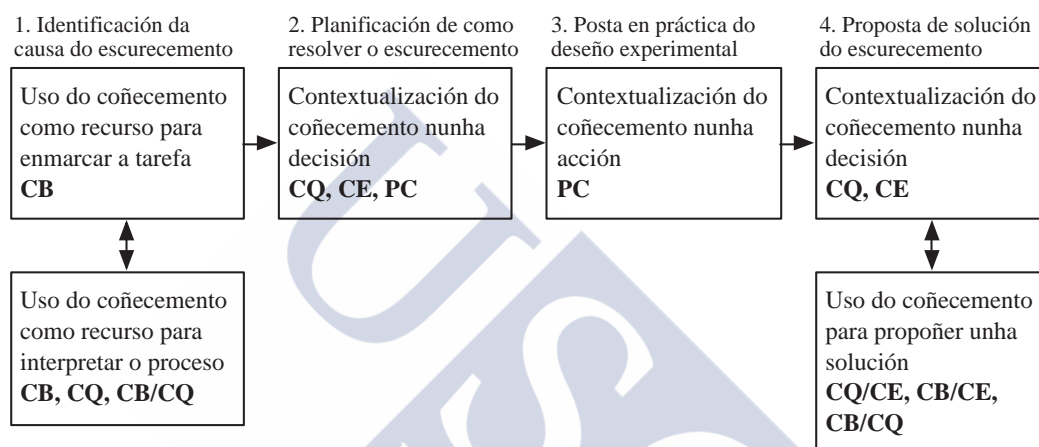


Figura 4.2 Proceso de contextualización de referencia. Lenda: CQ, coñecemento químico; CB, coñecemento biolóxico; CE, coñecemento empírico PC, prácticas científicas; CB/CQ, articulación do coñecemento biolóxico e químico; CQ/CE, articulación do coñecemento químico e empírico; CB/CE, articulación do coñecemento biolóxico e empírico.

No proceso de referencia resumido na figura 4.2 os participantes deberían identificar primeiro a causa do escurecemento das mazás cortadas (a actividade enzimática) a través das operacións de contextualización de uso do coñecemento como recurso a) para enmarcar a tarefa e b) para interpretar o proceso. Unha vez identificada a causa do escurecemento deberían planificar como solucionalo, contextualizando o coñecemento en decisións (pasos a seguir para resolver o problema) e poñer en práctica o deseño elaborado a través da contextualización do coñecemento en accións. Finalizada a posta en práctica da experimentación deberían propoñer unha solución ao problema do escurecemento a través de operacións de contextualización do coñecemento en decisións e propostas de solución.

Na figura 4.3 resúmense os procesos de contextualización do grupo A.

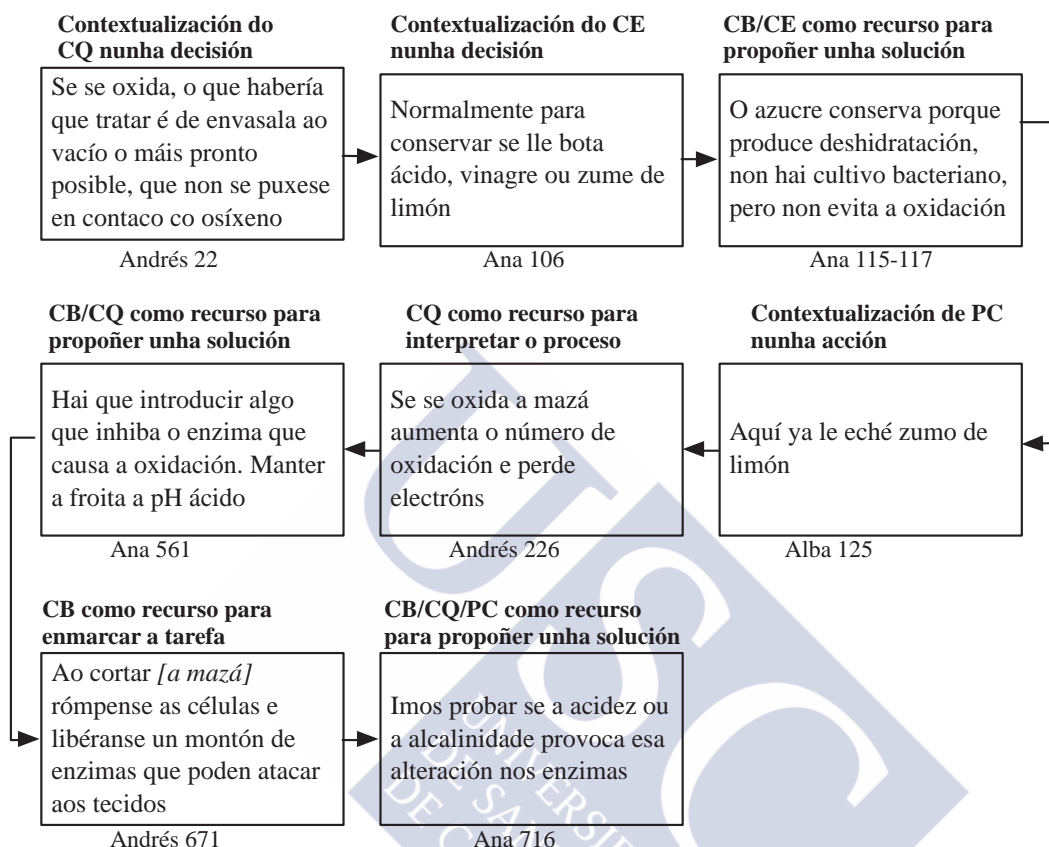


Figura 4.3 Operacións de contextualización do grupo A.

Lenda: CQ, coñecemento químico; CB, coñecemento biolóxico; CE, coñecemento empírico PC, prácticas científicas.

O proceso de contextualización do grupo A non é lineal, xa que algunhas operacións reaparecen durante a sesión. Os participantes contextualizan o coñecemento en decisións e accións antes de identificar a causa do problema. O recoñecemento do factor clave, a actividade enzimática, non aparece até a parte final da sesión, unha vez que empregan o coñecemento biolóxico para interpretar o proceso do escurecemento das mazás. Até ese momento interpretan a reacción só como unha reacción de oxidación na que o factor clave é a presenza ou ausencia de osíxeno. Despois a pesar de recoñecer a reacción enzimática non a relacionan co pH ácido á hora de propoñer unha solución, senón que se basean nas

observacións realizadas e na experiencia cotiá (coñecemento empírico). A solución que propón este grupo é engadir auga con azucre aos anacos de mazá.

As operacións de contextualización do grupo B resúmense na figura 4.4.

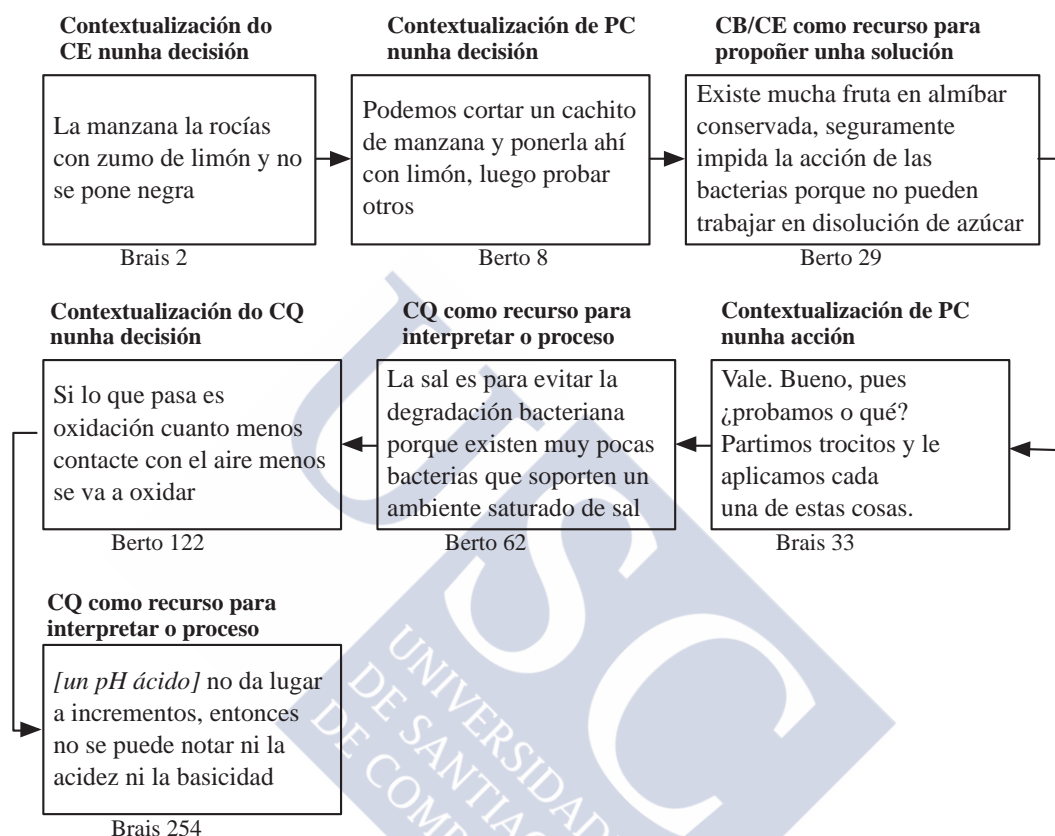


Figura 4.4 Operacións de contextualización do grupo B.

Lenda: CQ, coñecemento químico; CB, coñecemento biolóxico; CE, coñecemento empírico; PC: prácticas científicas

O proceso de resolución levado a cabo polo grupo B (figura 4.4) comprende menor variedade de operacións de contextualización que o do grupo A. O grupo B contextualiza o coñecemento en decisións e utilízao para proponer unha solución ao inicio da sesión, pero pouco axeitada. Consideramos que pode deberse ao feito de non encontrar relación entre a reacción de oxidación, na que o factor clave é o osíxeno e os valores de pH. A falta de conexión entre estes coñecementos lévaos a pensar nunha reacción ácido-base para explicar as observacións realizadas nos experimentos. Este grupo, a diferencia do A, non propón ningunha solución concreta para evitar o escurecemento.

O proceso de resolución da actividade no grupo C resúmese na figura 4.5.

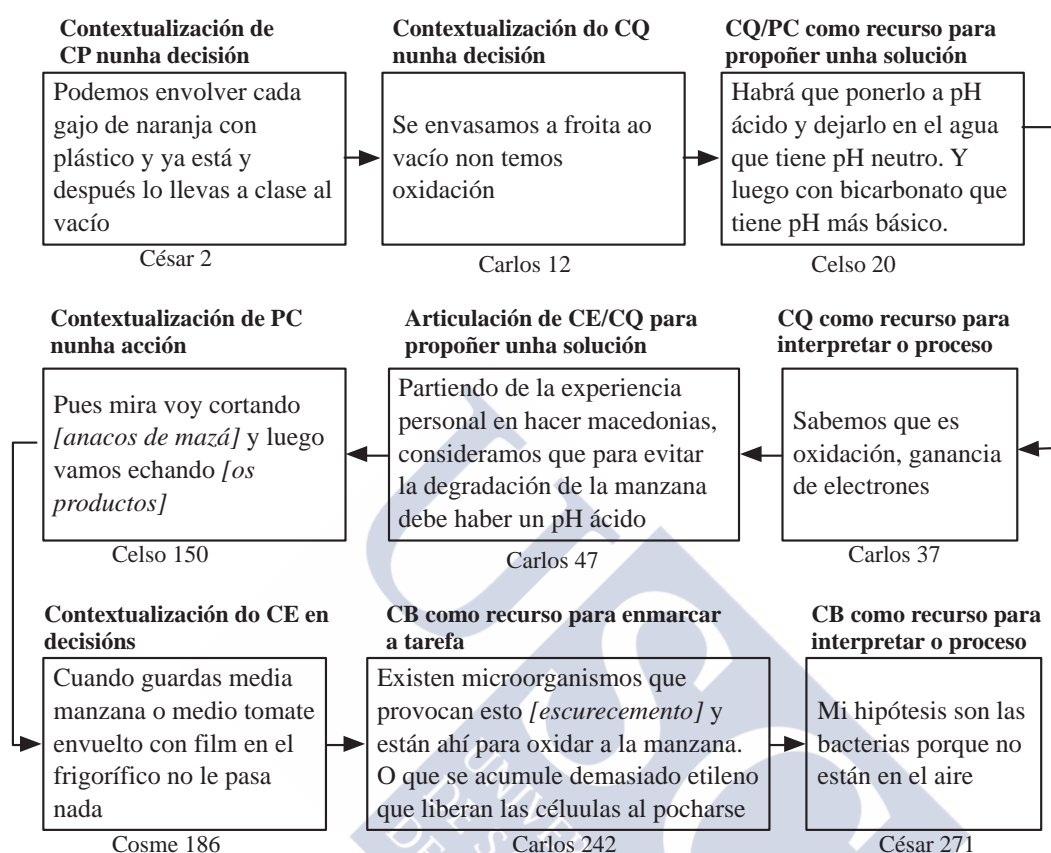


Figura 4.5 Operacións de contextualización do grupo C.

Lenda: CQ, coñecemento químico; CB, coñecemento biolóxico; CE, coñecemento empírico; PC: prácticas científicas.

O grupo C leva a cabo un proceso de contextualización similar ao grupo A, pero ao non identificaren o escurecemento como un proceso enzimático non chegan a unha solución axeitada. Neste caso teñen en conta as bacterias, ademais do osíxeno e o pH, como factor clave do escurecemento. Consideramos que isto dificulta a resolución da actividade, xa que relacionan o escurecemento co proceso de maduración da froita, posiblemente debido a considerar como factor clave a acción bacteriana. Pensamos que este malentendido podería estar relacionado coa inexperiencia na investigación sobre temas relacionados coa vida cotiá que requiren a aplicación de contidos de varias disciplinas, neste caso da bioloxía e da química.

Da comparación dos procesos representados nas figuras 4.3, 4.4 e 4.5 identificamos algunhas pautas:

a) Empezan contextualizando o coñecemento en decisións: químico (grupo A), empírico (grupo B) e prácticas científicas (grupo C) antes de utilizar o coñecemento como recurso para interpretar o proceso do escurecemento.

b) Contextualizan o coñecemento en accións relacionadas coa posta en práctica antes de interpretar o proceso do escurecemento.

Este comportamento, no que os participantes, a pesar de estar teoricamente familiarizados cos coñecementos necesarios para resolver a actividade, propoñen unha solución para o escurecemento antes de identificar as causas que o provocan, pon de manifesto a falta de experiencia na realización de actividades de indagación. Esta tendencia podería observarse tamén no alumnado de secundaria.

En resumo, o proceso de resolución da actividade resulta difícil, posiblemente debido á falta de experiencia con este tipo de tarefas, o que coincide cos resultados encontrados por Narayan (2010). Os resultados obtidos concordan cos de Jiménez-Aleixandre e Reigosa (2006) e Hodson (1990) e coas súas suxerencias sobre a necesidade da andamiaxe do docente para resolver actividades abertas. Aínda que nesta actividade de laboratorio os participantes teñen que aplicar algunhas operacións que caracterizan a indagación (como o deseño e a formulación e contraste de hipóteses), as accións levadas a cabo coinciden coa tendencia xeral de proceder nos laboratorios descrita por Chinn e Malhotra (2002), dirixida á observación e experimentación máis que a deseñar e interpretar.

4.5 Conclusións do estudo e implicacións para o deseño do estudo lonxitudinal

A aprendizaxe a través da indagación no laboratorio de química, no que o alumnado ten que deseñar experimentos, é unha cuestión que continúa despertando interese na investigación en didáctica das ciencias. Consideramos que este interese débese en parte ás numerosas dificultades que presenta para o alumnado e á súa relación coas competencias e prácticas científicas.

Este capítulo pretende contribuír á comprensión da aprendizaxe a través da indagación examinando e documentando os procesos de contextualización levados a cabo por alumnado de máster durante a resolución dunha actividade aberta no laboratorio. A análise destes procesos proporciona información sobre o uso do coñecemento en coordinación cos datos e recursos materiais para resolver a actividade. Os resultados indican que as operacións de contextualización que implican coñecementos sobre bioloxía son menos frecuentes en todos os grupos e só aparecen como consecuencia da andamiaxe dos docentes. Só o grupo A reconece o proceso como unha oxidación catalizada por enzimas, mais non relacionan este coñecemento científico cos datos proporcionados (valores de pH).

Consideramos que é importante reflexionar sobre por que a actividade resultou tan complicada: en *contextos académicos* o alumnado sabe o tipo de coñecemento que necesitan empregar. Nas situacións relacionadas coa vida cotiá as persoas precisan identificar primeiro que tipo de coñecemento (conceptos, modelos, leis, etc.) son relevantes e deberían empregarse para resolver o problema. Pensamos que esta diferenza é un dos motivos polos que as actividades de laboratorio situadas en *contextos auténticos* resultan tan complicadas. A cuestión non é que os participantes non teñan coñecemento sobre os enzimas, senón que non identifican ese coñecemento (encontrar unha forma para inhibir a actividade enzimática, por exemplo empregando substancias con pH ácido) como relevante para resolver a actividade do escurecemento. Aínda que neste capítulo se discute o caso específico do coñecemento sobre enzimas, consideramos que é un problema xeral nas actividades de laboratorio, nas que o alumnado supón que só necesita destrezas procedimentais, en particular nas actividades abertas, ignorando o coñecemento conceptual.

Como indican os resultados, as actividades abertas presentan máis dificultades para o alumnado que as tradicionais, o que coincide co sinalado por Girault et al. (2012): que o alumnado presenta xeralmente dificultades para relacionar os contidos científicos co experimento a realizar cando participa en actividades de indagación. Isto non significa que sexamos partidarias do regreso das actividades pechadas tipo “receita”, ao contrario, suxerimos que é necesario

identificar as dificultades e apoiar ao profesorado cando propón este tipo de actividades na aula.

Os resultados suxiren algunhas implicacións educativas:

1. É importante identificar as actividades de laboratorio como problemas que requiren aplicar coñecemento conceptual, non só destrezas (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012a), xa que habitualmente a énfase neste tipo de actividades ponse nas destrezas de investigación. Esta implicación está relacionada coa suxerencia de Krystiniak e Heikkinen (2007), que consideran que proporcionando aos estudantes oportunidades para controlar o deseño de aspectos dunha actividade de laboratorio, se consegue que participen en actividades de pensamento avanzado (*higher order thinking*) que requiren a aplicación de contidos, ademais de destrezas de investigación.

2. Deberíase promover a combinación de coñecementos de distintas disciplinas (física, química, bioloxía, etc.), xa que é necesaria para resolver actividades de laboratorio en contextos reais, mais na escola e universidade, este tipo de tarefas enmárcase xeralmente nun só contexto disciplinar.

3. As actividades de laboratorio deberían demandar ao alumnado a planificación e posta en práctica dun deseño experimental porque isto supón a súa participación en actividades coherentes coas prácticas científicas.

Con esta parte do estudo preténdese contribuír á comprensión de como se enfronta o alumnado a actividades de laboratorio baseadas en problemas auténticos e polo tanto mellorar o deseño, planificación e posta en práctica destas actividades en contextos escolares e de formación de profesorado.

Ademais das implicacións educativas mencionadas, o estudo presenta tamén implicacións para o deseño do estudo principal da tese:

1. Debido ás dificultades para identificar o coñecemento relevante a utilizar para resolver a actividade, as reaccións enzimáticas, decidimos incluír en cada tarefa para o alumnado de secundaria información sobre *o coñecemento conceptual* que o alumnado precisa mobilizar.

2. Todas as actividades da secuencia requiren que o alumnado *planifique* en primeiro lugar, e poña en práctica despois un deseño experimental para evitar que se resolvan por ensaio-erro.

3. A maioría (catro de cinco) están deseñadas de forma que o alumnado precise *aplicar contidos conceptuais* do currículo ademais de destrezas de investigación.

4. Na medida en que o currículo e o nivel educativo o permite, incluímos contidos de *varias disciplinas científicas* (química-bioloxía na tarefa 1; química-física na tarefa 2, química-bioquímica-física na tarefa 3).



CAPÍTULO 5

DESEÑO DO ESTUDO PRINCIPAL

5.1 Introducción

O estudo principal da tese aborda a análise do desenvolvemento da competencia científica a través da participación do alumnado de secundaria nas prácticas científicas ao longo dunha secuencia de actividades de indagación no laboratorio de química, levada a cabo en dous cursos consecutivos (estudo lonxitudinal). Preténdese con este estudo contribuír á elaboración dunha proposta inicial de progresión de aprendizaxe para algunhas dimensións da indagación.

Os participantes son o alumnado do centro 2 (N=21 no primeiro ano do estudo e N=10 no segundo) traballando en pequeno grupo: cinco pequenos grupos no primeiro ano (grupos O, P, R, S e T) e tres no segundo (grupos O', P' e T'). Os grupos do segundo ano redúcense con respecto aos do primeiro debido á perda de alumnado matriculado na materia de física e química por deixar de ser obrigatoria en 4º de ESO. Isto provocou que tiveramos que reorganizar os grupos procurando manter na medida do posible os mesmos participantes en cada grupo con respecto ao ano anterior, como se detalla a continuación.

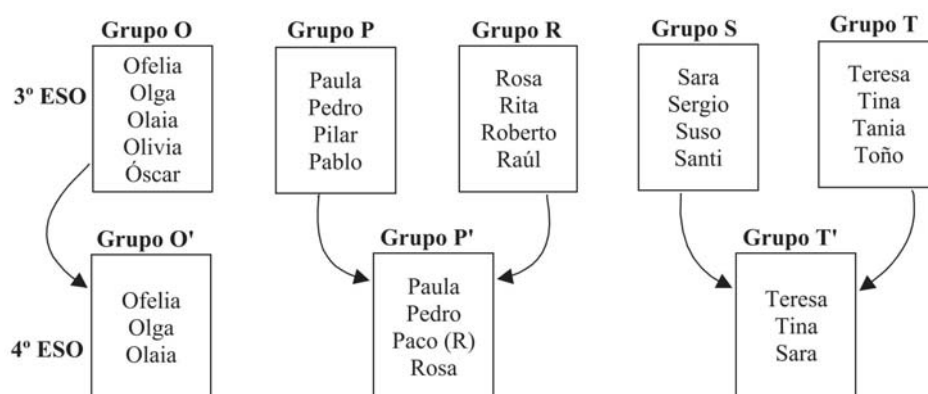


Figura 5.1 Organización dos pequenos grupos de alumnado.

Na reorganización de 3º a 4º de ESO o grupo O' mantén tres dos cinco membros que formaban o grupo O (Ofelia, Olga e Olaia). O grupo P' mantén dous membros (Paula e Pedro), incorpora a Paco que é repetidor e unha alumna do desaparecido grupo R (Rosa). O grupo T' mantén dous membros (Teresa e Tina) e incorpora unha alumna do grupo S (Sara).

O docente do grupo ten 25 anos de experiencia docente en física e química e forma parte do grupo de investigación RODA desde que comezou a profesión docente.

Os resultados deste estudo discútnense en cinco capítulos, do cinco ao nove, dos cales os catro primeiros abordan os desempeños de alumnado e o último examina as estratexias do profesorado que promoven o desenvolvemento da competencia científica.

A secuencia de actividades do estudo lonxitudinal comprende sete tarefas: unha inicial de lápiz e papel utilizada como pre-test, cinco actividades de laboratorio e unha de avaliación tamén de lápiz e papel.

5.2 Principios de deseño

Os principios de deseño do estudo teñen en conta catro factores: (1) o papel do alumnado; (2) o papel do docente; (3) a natureza das tarefas; e (4) a organización dos espazos escolares.

(1) O papel do alumnado: os estudantes participan de forma activa no estudo, xa que as tarefas de laboratorio requiren que leven a cabo operacións incluídas na competencia en identificar cuestións científicas, por exemplo a planificación e posta en práctica de investigacións. Particularmente importante é a planificación, é dicir non seguen instrucións. Isto conleva que o alumnado tome decisións sobre o deseño e sobre a posta en práctica, por exemplo na tarefa 1, *“Que pasta de dentes é menos efectiva contra a caries?”* teñen que decidir o volume de ácido clorhídrico e a masa de cuncha a utilizar na investigación, ou o método de medida da produción de gas. Na posta en práctica do deseño teñen que decidir por exemplo se os datos obtidos son correctos ou se precisan repetilos.

(2) O papel do docente: O docente actúa no estudo como guía, asegurándose

de que o alumnado comprende o propósito de cada tarefa, axudando a resolver dúbidas, moderando as postas en común, e establecendo as normas a seguir no laboratorio e os posibles turnos de uso do material. A súa función principal é a de proporcionar andamiage ao alumnado. A noción de *andamiage* enmárcase na perspectiva socioconstructivista (Vygotsky, 1979) na que a aprendizaxe ten lugar nun contexto de interaccións sociais nas que unha persoa con máis coñecemento guía a comprensión emerxente doutra. Este proceso realízase ao longo do tempo e o profesorado transfire gradualmente a responsabilidade aos estudantes (Fleer, 1992). No noso estudo, a andamiage é distinta ao longo dos cursos escolares, máis intensa ao comezo: en 3º de ESO o profesor aclara todas as dúbidas que xorden nos distintos grupos durante a planificación do deseño e realízase unha posta en común antes de poñer en práctica o deseño planificado, na que se deciden todos os elementos que compoñen o deseño; todos os grupos poñen en práctica o mesmo. En 4º de ESO diminúe esa axuda directa e proporciónase unha base de orientación (ver anexo 2) ao alumnado a realizar antes da planificación. A base de orientación consiste nunha plantilla cunha serie de cuestións que teñen como obxectivo que o alumnado comprenda toda a información do guión da tarefa, reflexione sobre o propósito da mesma e identifique a información necesaria para resolvela.

(3) A natureza das tarefas: as actividades de laboratorio son actividades auténticas (Jiménez-Aleixandre, 2010), todas presentan un problema que o alumnado ten que resolver nun contexto familiar (na maioría dos casos no contexto escolar). Por exemplo, na actividade 4 “O residuo sorpresa” o alumnado ten que utilizar os datos proporcionados sobre pH e reactividade dunha serie de substancias para identificar o contido dunha disolución olvidada no laboratorio a hora anterior polos seus compañeiros de 3º de ESO.

(4) A organización da aula: todas as tarefas teñen lugar no laboratorio e a organización depende do tipo de tarefa. Nas actividades de pre-test e de avaliación o alumnado traballa de forma individual, mentres que nas de laboratorio traballan en pequeno grupo, durante a planificación e posta en práctica da investigación e de forma individual na elaboración da base de orientación (en 4º de ESO).

5.3 Secuencia de actividades

A secuencia de actividades que constitúe o estudo lonxitudinal comprende sete tarefas, elaboradas considerando varios aspectos.

En primeiro lugar téñense en conta os contidos do currículo de ESO para a materia de física e química de 3º e 4º de ESO, que en ambos cursos recolle como contido a traballar dentro do bloque 1:

“Utilización de estratexias propias do traballo científico, mediante a proposta de sinxelas investigacións para a resolución de situacións problema, discusión do seu interese, identificación de variables que interveñen, formulación dalgunha hipótese de traballo, seguimento dunha planificación na posta en práctica, recolla organizada dos datos, interpretación de resultados e comunicación das conclusións”

(DOG, 2007, pp.12057)

Baseámonos neste contido para o deseño da secuencia de actividades xa que todas requiren que o alumnado utilice estratexias do traballo científico, por exemplo a planificación e posta en práctica de investigacións.

En segundo lugar contamos coa participación activa do docente para seleccionar os contidos de tipo conceptual que se abordan na secuencia, adaptándonos ao que el imparte habitualmente para non desviarnos da realidade da aula. Os contidos tratados en cada tarefa resúmense a continuación:

Tarefa	Curso	Contidos no currículo	Contidos na tarefa
Pre-test	3º/4º	-Estratexias do traballo científico	Prácticas científicas
1	3º	-Realización experimental dalgunhas transformacións químicas sinxelas. -Estimacións e investigacións sobre a variación da rapidez dunha reacción. -Estratexias do traballo científico-	Reacción química, inhibición Prácticas científicas
2	3º	-Identificación dos compoñentes estruturais da materia: átomos, moléculas e ións. -Relación entre a estrutura e as súas propiedades. -Estratexias do traballo científico	Natureza das substancias, solubilidade, conductividade Prácticas científicas
3	4º	-Elaboración e aplicación de criterios para clasificar as substancias baseándose nas súas propiedades. -Identificación da relación entre as propiedades e a estrutura das substancias. -Interpretación da estrutura das substancias a través do enlace covalente, iónico ou metálico. Estratexias do traballo científico	Natureza das substancias, solubilidade, conductividade, enlace químico Prácticas científicas
4	4º	-Introdución cualitativa á sistemática da formulación e nomenclatura química da IUPAC: exemplo dos compostos binarios de uso habitual. -Estratexias do traballo científico	Reactividade e pH Prácticas científicas
5	4º	-As cadeas carbonadas. -Estratexias do traballo científico	Polaridade dos disolventes orgánicos. Prácticas científicas
Avaliación	3º/4º	-Estratexias do traballo científico	Prácticas científicas

Táboa 5.1 Contidos que se abordan no estudo lonxitudinal

Dado que se pretende examinar a participación do alumnado nas prácticas científicas, a secuencia inclúe, como é lóxico, o contido das estratexias do traballo científico en todas as tarefas. Ademais, nas tarefas de laboratorio abórdanse contidos similares en ambos cursos: reacción química (tarefas 1 e 4) e natureza das substancias (tarefas 2 e 3). En canto ás reaccións químicas, no primeiro ano trátase o concepto de reacción e o significado de inhibición dunha reacción, mentres que no segundo trabállase coa reactividade de diferentes substancias e a medida do pH. En canto á natureza das substancias, no primeiro ano abórdanse as

propiedades da materia en función da súa natureza e no segundo amplíase incluíndo o enlace químico. Cabe destacar que o contido sobre a química do carbono só aparece no segundo ano porque é en 4º de ESO cando se comeza a traballar.

No deseño das tarefas temos en conta as dificultades encontradas na revisión da literatura discutida no capítulo dous e dos resultados obtidos no estudo preliminar, abordado no capítulo catro. Da revisión da literatura encontramos que o alumnado ten dificultades no deseño de experimentos, por exemplo inclúen pouca información nos mesmos e son pouco sistemáticos (Zimmerman, 2000), non sempre especifican a cuestión a investigar e inclúen medidas sobre aspectos que lles son familiares pero pouco axeitados para a investigación a realizar (Krajcik et al, 1998), e mostran dificultades para aplicar o coñecemento aprendido no deseño da investigación (Puntambekar & Kolodner, 2005). Estas dificultades están relacionadas cos resultados obtidos no estudo preliminar, no que os participantes teñen dificultade para identificar o coñecemento relevante a utilizar para resolver a tarefa, a planificación da investigación a realizar é pouco sistemática e presenta pouca información o que dá lugar a que resolvan a actividade por ensaio-erro.

En base a isto, decidimos incluír no guión de cada tarefa información relevante sobre o coñecemento conceptual que o alumnado precisa mobilizar. Para evitar a resolución por ensaio-erro engadimos como demanda das tarefas que o alumnado planifique a investigación, proporcionándolles unha plantilla para a resolución da tarefa na que se indica como primeiro paso a elaboración dun deseño experimental e se deixa un espazo para que o redacten. O espazo restante da plantilla de resultados está dirixido á interpretación de resultados e establecemento de conclusións. Esta plantilla inclúese no anexo 2.

A continuación descríbese a secuencia de tarefas, indicando o curso para o que vai dirixida cada unha, as sesións adicadas e os desempeños que o alumnado debe levar a cabo.

Tarefa	Curso	Sesións	Desempeños que o alumnado debe realizar
Pre-test	3º	1/3	-Identificar o papel das bacterias na caries entre varias informacións - Interpretación dunha gráfica sobre o consumo de azucre e a incidencia de caries en distintos países - Identificar cuestións sobre a caries que poden ser investigadas científicamente
1	3º	2	-Planificar e poñer en práctica unha investigación -Identificar a pasta de dentes menos efectiva contra a caries
2	3º	2	-Planificar e poñer en práctica unha investigación - Clasificar substancias en función da súa natureza -Separar e identificar substancias
3	4º	2	-Planificar e poñer en práctica unha investigación -Identificar substancias contaminantes nun auga de río -Identificar o/os sospeitoso/s de contaminación da auga
4	4º	2	-Planificar e poñer en práctica unha investigación - Identificar a composición dunha disolución problema -Seleccionar o bidón de reciclado de residuos axeitado
5	4º	2	-Planificar e poñer en práctica unha investigación - Seleccionar un disolvente en función da polaridade - Identificar a tinta do rotulador que escribiu un anónimo - Identificar a persoa que escribiu o anónimo
Avaliación	4º	1	-Deseñar unha investigación para resolver o problema dado - Controlar variables -Interpretar resultados

Táboa 5.2 Secuencia de tarefas do estudo lonxitudinal.

Na táboa 5.2 recóllense os desempeños que o alumnado ten que levar a cabo para resolver cada tarefa do estudo lonxitudinal. As actividades de laboratorio (1-5) presentan características comúns xa que todas requiren a participación nas prácticas científicas de planificación e posta en práctica de investigacións e de análise e interpretación de datos. Ademais as cinco requiren que leven a cabo a operación epistémica de identificación. O pre-test require a interpretación de datos e a operación epistémica de identificación. Mentres que a avaliación implica a planificación dunha investigación e a análise e interpretación de datos. A continuación detállanse as características de cada tarefa.

5.4 Descrición das tarefas da secuencia

Pre-test

A tarefa utilizada como pre-test consiste nunha proba individual de lápiz e papel sobre a caries. Esta actividade, adaptada das probas piloto de PISA, consiste en tres ítems de opción de resposta múltiple, modificada para incluír a xustificación das opcións escollidas en cada ítem. Para a resolución da mesma adópanse 15 minutos dunha sesión de aula que coincide coa sesión previa á da realización da tarefa 1. O obxectivo do pre-test é por unha banda proporcionar aos estudantes un contexto sobre a causa da aparición de caries que lles sirva para comprender a simulación que se presenta na tarefa 1 e por outra examinar como levan a cabo certas operacións epistémicas incluídas nas demandas da competencia científica: identificar a información relevante nun texto (pregunta 1), interpretar os datos dunha gráfica (pregunta 2) e recoñecer cuestións que poden ser investigadas pola ciencia (pregunta 3). No guión da actividade que se reproduce no anexo 2 preséntase a problemática da caries e un esquema de como esta se produce. A continuación fórmulanse tres cuestións de opción de resposta múltiple nas que ademais da selección da resposta o alumnado ten que xustificar a súa elección.

Na pregunta 1 o alumnado ten que identificar o papel das bacterias na aparición da caries a través da información proporcionada no contexto da tarefa, tanto no texto como no esquema que se propón.

Na pregunta 2 o alumnado ten que interpretar a información proporcionada nunha gráfica sobre o consumo de azucre e a aparición da caries co obxectivo de identificar a afirmación que se sustenta na información representada entre unha serie de opcións.

Na pregunta 3 o alumnado ten que identificar de entre dúas cuestións cal ou cales poden ser respondidas a través dunha investigación científica e xustificar a súa elección.

Os resultados do pre-test (non analizados en detalle na tese) indican que grande parte do alumnado é quen seleccionar as opcións de resposta correctas máis non de xustificar a opción escollida. Así no ítem 1, 19 de 20 estudantes

seleccionan a opción de resposta axeitada (o papel das bacterias é o de producir ácido) máis deses 19 só 12 xustifican a resposta de forma correcta. Os sete restantes cometen erros na xustificación.

No ítem 2, 15 estudantes identifican a afirmación que sustenta a información proporcionada na gráfica máis só cinco xustifican a resposta de forma axeitada. Os dez estudantes restantes xustifican a resposta sen ter en conta a información da gráfica.

No ítem 3, 16 estudantes identifican a cuestión que pode investigarse cientificamente máis só seis xustifican a resposta de forma axeitada. Os 10 restantes respondén ás cuestións que se propoñen como opcións de resposta no ítem ou non xustifican de forma correcta.

Tarefa 1: Que pasta de dentes é menos efectiva contra a caries?

A tarefa 1 consiste nunha actividade de laboratorio de dúas sesións na que o alumnado traballa en pequeno grupo (N=4-5). Esta tarefa, así como a anterior, levouse a cabo nas clases 1 e 2, e require que os estudantes planifiquen e poñan en práctica un deseño experimental para avaliar o efecto de dúas pastas de dentes para a prevención da caries (Crujeiras & Jiménez, 2012a). Para poder planificar a investigación, deben comprender a empregar a analoxía representada na táboa 5.3.

Compoñentes do mundo físico	Compoñentes na simulación
Dentes	Cunchas
Ambiente bucal	Ácido clorhídrico
Boca	Tubo de ensaio
Pasta de dentes	Pasta de dentes
Acción das bacterias	Produción de gas

Táboa 5.3 Relación entre os compoñentes da simulación e do mundo físico

Na planificación teñen que identificar a comparación de dúas pastas de dentes como unha investigación do efecto dos ións fluoruro na disolución dos carbonatos dos dentes. Tamén deben recoñecer que este efecto podería medirse pola diminución da velocidade de reacción entre cunchas (que representan os dentes) e ácido clorhídrico (utilizado para simular o ambiente ácido que se crea na boca despois de comer alimentos azucarados).

No guión da actividade, reproducido no anexo 2, proporcionánselles algunhas indicacións, por exemplo que a reacción sempre ten lugar con desprendemento de gas e que canto menos efectiva sexa a pasta máis rápido é o desprendemento de gas.

Para resolver a actividade é preciso ter en conta algunhas consideracións técnicas, debido á complexidade da mesma para o curso na que se realiza. Por exemplo, o alumnado antes de realizar a actividade non tiña coñecementos sobre estequiometría, necesarios para decidir o volume de ácido a empregar na reacción química. Para solucionar isto, decidimos indicarlles o espazo que ocuparían nun tubo de ensaio diferentes volumes de ácido (cinco, dez, quince e vinte mililitros). Ademais, como non coñecían tampouco as técnicas de medida de produción de gas indicadas no guión, excepto a utilización dun globo, amosámoslle o funcionamento das mesmas con outras reaccións diferentes á da simulación (na clase 2) e utilizando una presentación de power point (na clase 1). E por último, en ambas clases indicamos ao comezo da actividade que como se trata de simular un efecto que ten lugar a longo prazo nun tempo moi curto, as cunchas foron tratadas coas pastas de dentes durante 24 horas e posteriormente lavadas con auga (simulando o proceso de lavar os dentes). Este paso é imprescindible para observar o efecto das pastas de dentes, ademais facilita o deseño ao alumnado, xa que é unha variable menos a controlar.

A tarefa, ao longo das dúas sesións, divídese en catro fases que se describen a continuación, as fases un e dous teñen lugar na primeira sesión e as fases tres e catro na segunda sesión:

1. Presentación da tarefa. o profesor introduce a tarefa relacionándoa co pre-test sobre a caries. Tanto no pre-test como nesta preséntase unha simulación do proceso de aparición das caries. A actividade comeza solicitando aos participantes que lean o guión para asegurarse de que comprenden o propósito da mesma e comentando as dúbidas en gran grupo. Nesta fase establécense as relacións entre os compoñentes da simulación e os do proceso real.

2. Planificación da investigación. o alumnado elabora en pequeno grupo un deseño experimental para identificar a pasta de dentes menos efectiva contra a

caries. Para poder planificar o deseño teñen que comprender a simulación introducida na fase anterior. Un esquema dun posible deseño de referencia resúmese a continuación:

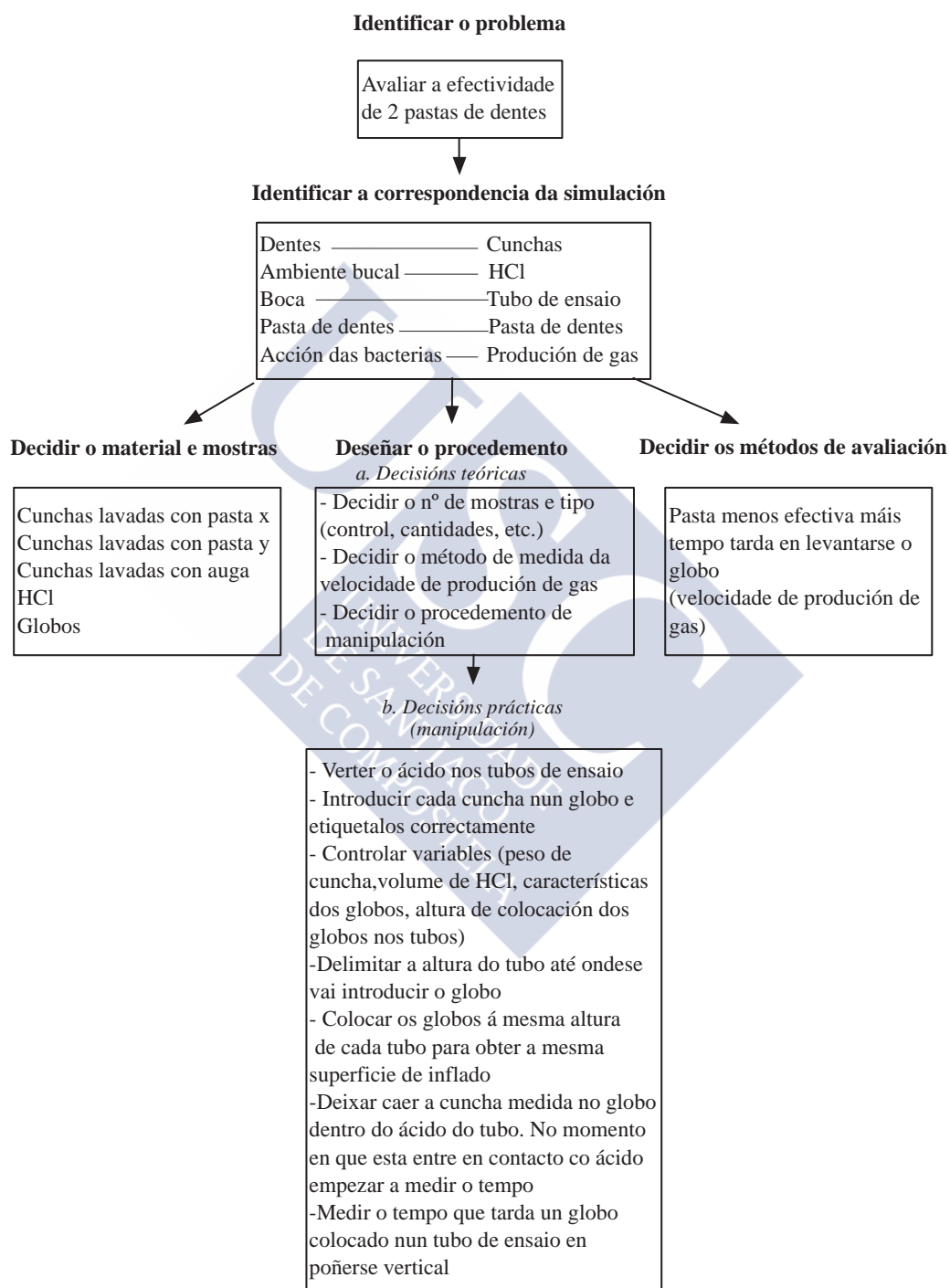


Figura 5.2 Posible planificación da investigación da tarefa 1

No deseño a planificar o alumnado debe identificar primeiro o problema a investigar e a correspondencia entre a simulación e o contexto do problema. A continuación ten que seleccionar o material e mostrase que precisan utilizar e deseñar o procedemento. No deseño do procedemento ten que tomar dous tipos de decisións: a) teóricas, sobre o número e tipo de mostrase, o método de medida do desprendemento de gas e sobre o procedemento de manipulación; e b) prácticas (manipulativas), sobre como colocar os materiais para levar a cabo a reacción, como controlar as variables, como medir o tempo da produción de gas na reacción. Por último teñen que decidir os criterios ou métodos de avaliación da eficacia das pastas.

3. Posta en común do deseño. Esta fase lévase a cabo ao inicio da segunda sesión, cada pequeno grupo ten que explicar ao resto o seu deseño para chegar entre todos a un acordo do mellor deseño a poñer en práctica. O mellor deseño será o máis coherente co traballo científico, é dicir, o máis parecido ao indicado na figura 5.1.

4. Posta en práctica da investigación. Despois da posta en común, o alumnado ten que poñer en práctica o deseño acordado para resolver o problema, interpretar os resultados obtidos e establecer as conclusións.

Tarefa 2: O pedido roto

A tarefa 2 consiste na planificación dunha investigación ao longo de dúas sesións para separar e identificar as substancias procedentes dun pedido realizado a unha empresa de produtos químicos que sufriu danos durante o transporte: as etiquetas identificativas de cada frasco apareceron borradas e tres dos cinco recipientes rotos, por tanto as substancias quedaron mesturadas (Crujeiras, Gallástegui & Jiménez, 2013). Entre a información proporcionada no guión (ver anexo 2) indícase o nome de cada substancia (cloruro de sodio, ferro en pó, grafito en pó, xofre en pó e sacarosa) e o estado dos recipientes, é dicir: hai un recipiente sen etiquetar a) que contén unha substancia granulada de aspecto branco, outro b) que contén unha substancia en pó de cor gris escuro e un recipiente c) que contén unha mestura de substancias con partes brancas, amarelas e grises. Tamén se

proporcionan uns criterios para a identificación das substancias en función da súa natureza e de propiedades como a solubilidade, conductividade ou propiedades magnéticas. Entre os criterios sinálase por exemplo que moitas substancias formadas por ións son solubles en auga ou que a maioría das substancias formadas por moléculas non conducen a electricidade.

Esta actividade divídese en tres fases, que se describen a continuación, das cales a primeira e parte da segunda lévanse a cabo na primeira sesión e o resto da segunda e terceira teñen lugar na segunda sesión:

1. Clasificación das substancias do pedido en función da súa natureza. Nesta fase o alumnado traballando en grupo ten que empregar o coñecemento sobre a natureza das substancias traballado previamente na aula para clasificalas nos grupos descritos, é dicir, saber que substancias do pedido (NaCl , $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, S_8 , C e Fe) son metais e cales están formadas por ións, por moléculas ou por redes de átomos.

2. Planificación da investigación. O alumnado, despois de clasificar as substancias ten que empregar a información sobre as súas propiedades proporcionada no guión para planificar como separar (as que se mesturaron) e identificar as substancias do pedido.

Un esquema dun posible deseño resúmese a continuación:

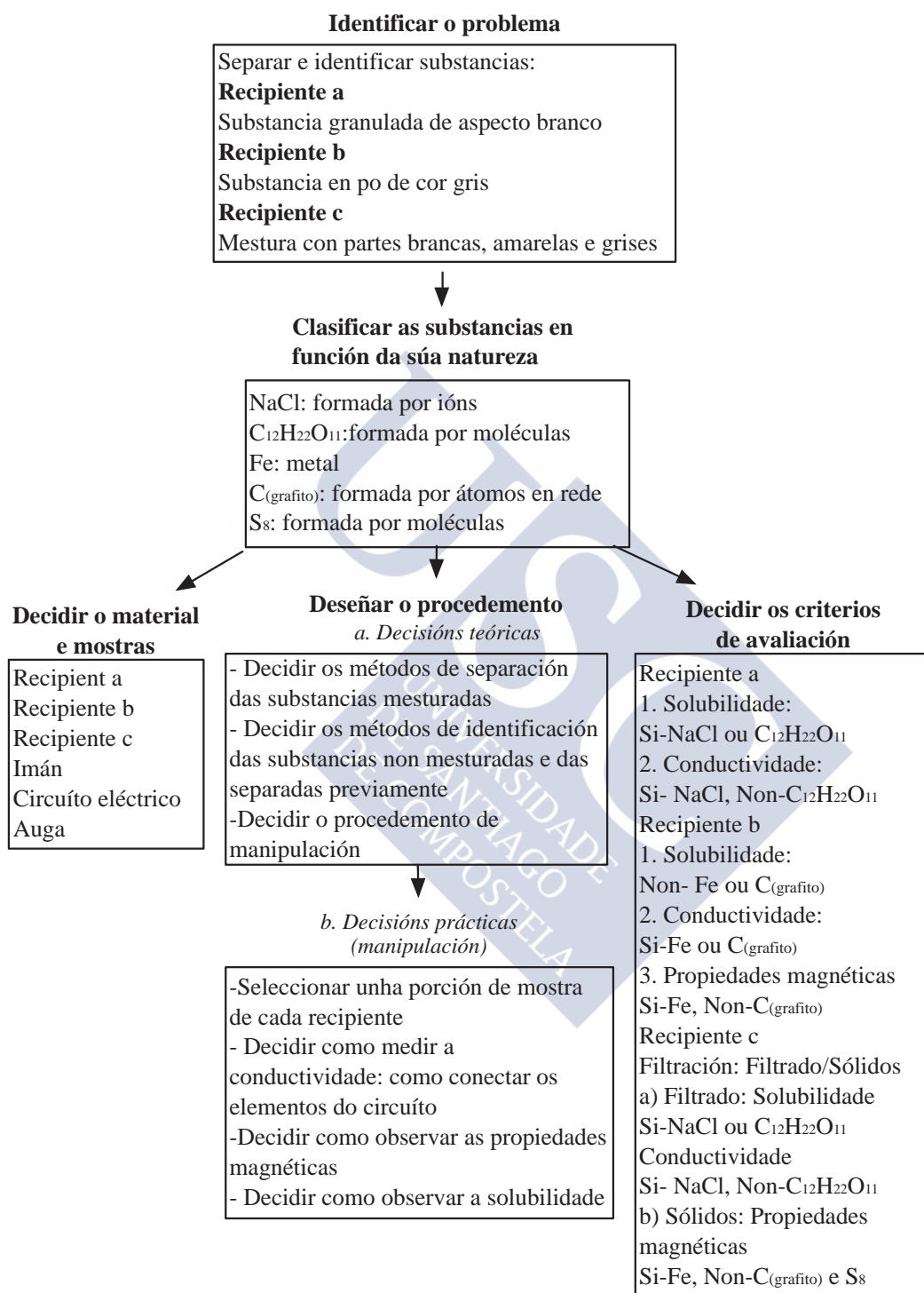


Figura 5.3 Posible planificación da investigación da tarefa 2.

Na planificación do deseño o alumnado debe identificar primeiro o problema a investigar: separar e identificar as substancias do pedido. Para poder levar a cabo a investigación coa información da que dispón, precisa clasificar primeiro as substancias en función da súa natureza. A continuación ten que seleccionar o material precisa utilizar e deseñar o procedemento. No deseño do procedemento o alumnado ten que tomar decisións teóricas sobre os métodos para separar as substancias mesturadas e os métodos de identificación de todas as substancias do pedido, así como o procedemento de manipulación das substancias durante a separación e identificación. As decisións prácticas a tomar son sobre como medir as propiedades que lles van permitir identificar as substancias (conductividade, solubilidade e propiedades magnéticas). Por último teñen que decidir os criterios de identificación das substancias e función das propiedades anteriores.

3. Posta en práctica da investigación. Unha vez realizado o deseño, o alumnado ten que levar a cabo os pasos indicados na planificación da investigación para recuperar o pedido, interpretar as observacións realizadas e establecer as conclusións, é dicir identificar as substancias do pedido.

Tarefa 3: Contaminación industrial

A tarefa tres consiste na planificación e posta en práctica dunha investigación para identificar a fábrica ou fábricas responsables dun verquido no río que pasa pola zona onde operan. Esta tarefa realízase tamén en dúas sesións e para resolvela o alumnado ten que utilizar coñecementos sobre enlace químico, solubilidade, conductividade, así como algunhas probas para identificar a presenza de azucre na auga ou diferenciar o mármore do granito. A información sobre as posibles substancias contaminantes proporciónase no guión (ver anexo 2) en forma de anuncios de periódico das fábricas correspondentes, por exemplo:

Mármoles Pancho

Las mejores encimeras de la zona, especialistas en granito y mármol. Utilizamos técnicas de corte de última generación.

Esta é unha das catro fábricas sospeitosas de contaminar o río, e o alumnado ten que utilizar a información proporcionada no seu anuncio xunto cos criterios de identificación das substancias en función das propiedades descritas arriba para averiguar se é responsable ou non da contaminación.

Esta tarefa divídese en catro fases, que se describen a continuación, das cales a primeira, segunda e parte da terceira lévanse a cabo na primeira sesión e o resto da terceira e cuarta teñen lugar na segunda sesión:

1. *Introdución da actividade*: o profesor resume o guión da actividade e amosa a “mostra” de auga de río, aclarando que a mostra que van utilizar xa está concentrada no laboratorio para facilitar a identificación dos contaminantes. Despois adócanse cinco minutos a ler o guión de forma individual.

2. *Base de orientación*: o alumnado, de forma individual, ten que responder ás cuestións que se formulan nun documento que chamamos base de orientación. Este documento ten como obxectivo que o alumnado reflexione sobre a información proporcionada no guión para resolver a actividade, antes de elaborar a planificación en pequeno grupo. Na base de orientación (ver anexo 2), adaptada de Hinojosa e Sanmartí (2012), o alumnado ten que responder a cuestións relacionadas coa identificación do obxectivo da tarefa, dos datos proporcionados que son relevantes para a resolución da tarefa e as tarefas previas ao deseño comentadas arriba como a identificación dos posibles contaminantes presentes na mostra de auga en función das materias primas que empregan as fábricas do polígono, e a clasificación deses contaminantes en función do estado no que se poden encontrar na auga do río.

Consideramos que solicitar aos estudantes a elaboración da base de orientación antes da planificación permite que reflexionen sobre toda a información que se proporciona no guión da tarefa, xa que teñen que:

- Anotar as dúbidas que teñan para despois comentalas con todo o grupo
- Identificar os datos útiles proporcionados, o obxectivo da tarefa, os posibles contaminantes que poden estar presentes na auga do río e as condicións nas que se pode presentar cada contaminante.
- Indicar se precisan outras informacións para resolver a tarefa.

Para esta fase adícanse 15 minutos da primeira sesión.

3. *Planificación da investigación*: os estudantes poñen en común as ideas sobre as que reflexionaron na base de orientación, para elaborar a planificación da investigación en pequeno grupo. Un esquema dun posible deseño resúmese a continuación:



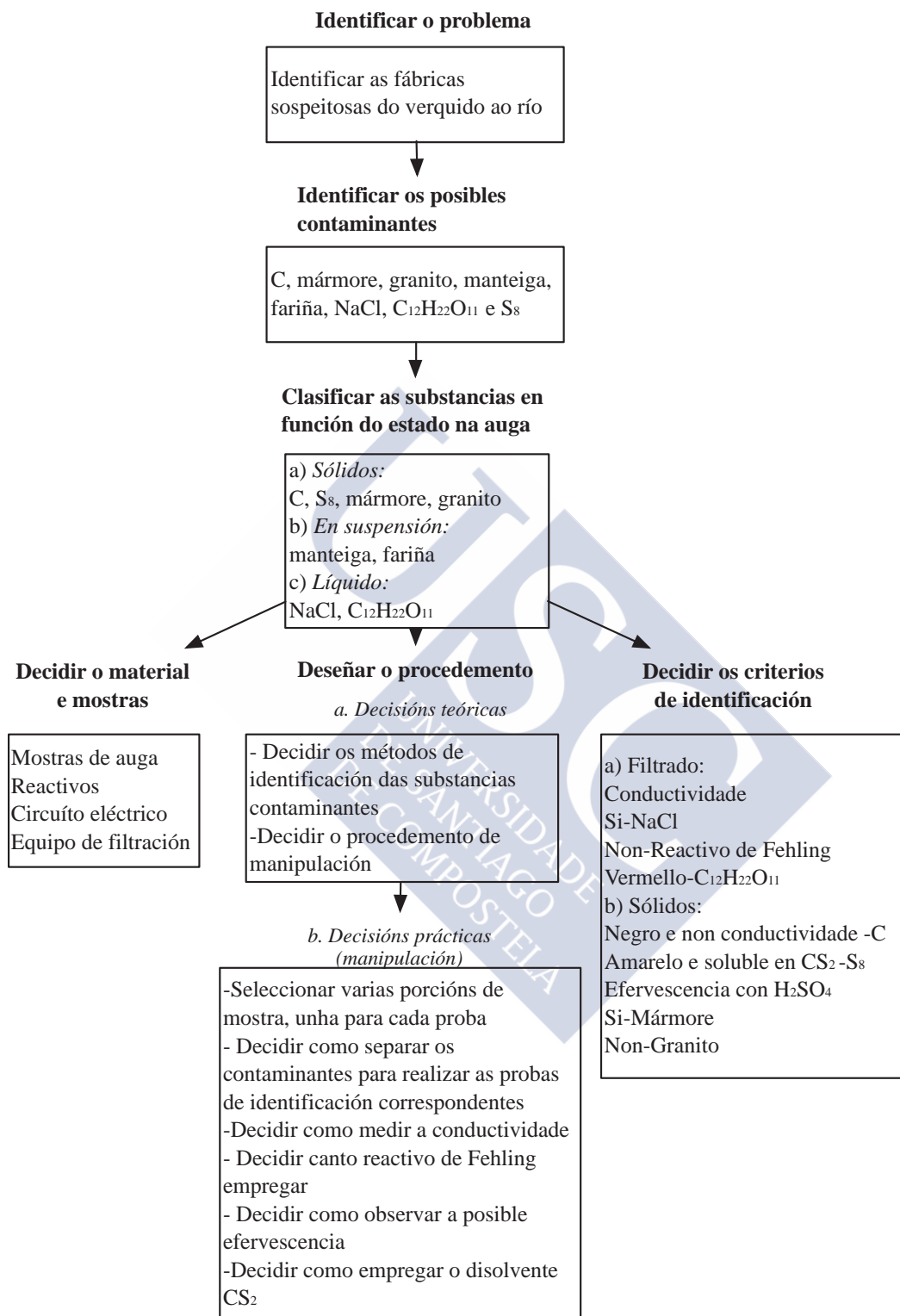


Figura 5.4 Posible planificación da investigación da tarefa 3.

No deseño a planificar o alumnado debe identificar primeiro o problema a investigar: identificar as fábricas sospeitosas do verquido ao río que pasa polo polígono onde operan. Para poder levar a cabo a investigación coa información da que dispón, o alumnado precisa identificar primeiro as substancias contaminantes que poden verterse ao río en función da materia prima utilizada polas fábricas. A continuación ten que clasificar os supostos contaminantes no estado de agregación no que se poden encontrar na auga: como substancias sólidas pode haber carbono, granito, mármore e/ou xofre; como substancias en suspensión pode haber manteiga e/ou fariña; e en estado líquido pode haber cloruro de sodio e/ou sacarosa. No deseño do procedemento o alumnado ten que tomar *decisións teóricas* sobre os métodos de identificación das substancias contaminantes e sobre o procedemento de manipulación das substancias durante a identificación. As *decisións prácticas* a tomar son sobre como separar os contaminantes na mostra de auga para poder aplicar o criterio de identificación de cada unha, como medir as propiedades que lles van permitir identificar as substancias (conductividade, solubilidade e reactividade química). Por último teñen que decidir os criterios de identificación das substancias e función das propiedades anteriores.

4. *Posta en práctica da investigación*: Unha vez realizado o deseño, os estudantes teñen que poñelo en práctica para identificar os contaminantes, interpretar as observacións realizadas en cada proba de identificación e establecer as conclusións ao problema, é dicir en función das substancias identificadas teñen que seleccionar a fábrica ou fábricas responsables do verquido.

Tarefa 4: O residuo sorpresa

A actividade consiste na planificación e posta en práctica dunha investigación para averiguar a composición dunha disolución transparente olvidada no laboratorio polo alumnado de 3º de ESO na hora anterior e seleccionar o bidón de residuos axeitado para depositar a disolución. O guión proporcionado ao alumnado reproducése no anexo 2 e nel inclúese información sobre o tipo de bidóns de residuos que dispoñen para depositar a substancia descoñecida: de disolventes ácidos, disolventes básicos, disolventes haloxenados ou disolventes

con metais pesados. Tamén se indican as substancias químicas que empregaron os de 3º de ESO na hora anterior: ioduro de potasio, hidróxido de aluminio, cloruro de sodio, hidróxeno carbonato de sodio, cloruro de bario e ácido clorhídrico, sinalando algunhas propiedades das mesmas como o valor de pH e a reactividade con ácidos e sales.

Esta tarefa divídese en tres fases, que se describen a continuación, das cales a primeira e a segunda lévanse a cabo na primeira sesión e a terceira na segunda sesión:

1. *Introdución da actividade e base de orientación*: adócanse vinte minutos a ler o guión de forma individual, a aclarar dúbidas, por exemplo cales son os bidóns de residuos e a responder ás preguntas que se formulan na base de orientación. Neste caso, a pesar de que a base de orientación é individual comentan en pequeno grupo a información a incluír nela. Este documento é similar ao proporcionado na actividade anterior, no cal o alumnado ten que:

- Anotar as dúbidas que teñan para despois comentalas con todo o grupo.
- Identificar os datos útiles proporcionados, o obxectivo da tarefa, e as propiedades das substancias que poden axudarlle a identificar o residuo (pH e reactividade química).
- Indicar se precisan outras informacións para resolver a tarefa.

2. *Planificación da investigación*: o alumnado en pequeno grupo pon en común as ideas sobre as que reflexionaron na base de orientación e planifican como resolver o problema plantexado na tarefa. Un esquema dun posible deseño resúmese a continuación:

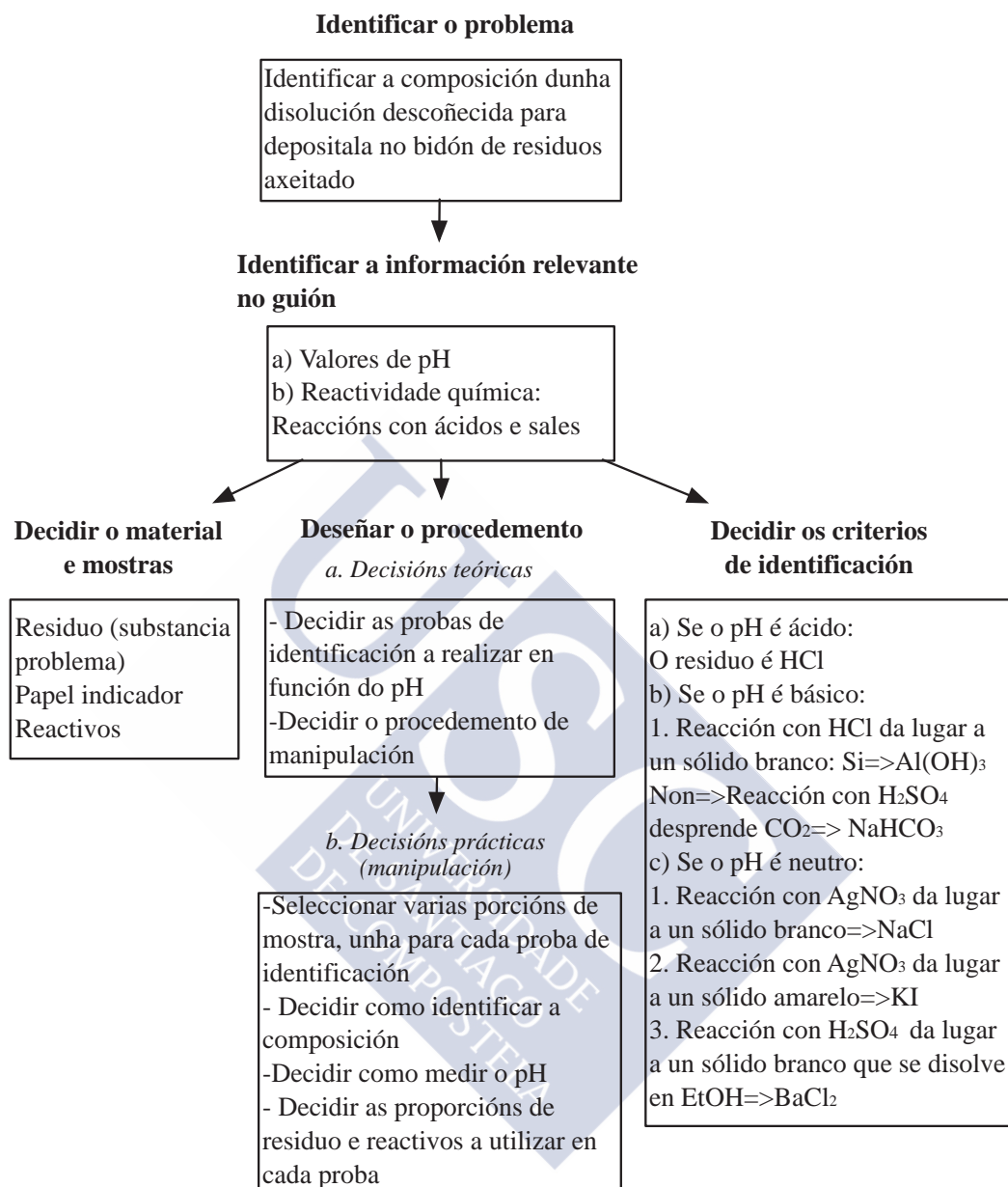


Figura 5.5 Posible planificación da investigación da tarefa 4.

No deseño a planificar o alumnado debe identificar primeiro o problema a investigar: identificar a composición dunha disolución descoñecida para depositala no bidón de almacenamento de residuos axeitado. Para poder levar a cabo a investigación coa información da que dispón, o alumnado precisa identificar a información relevante proporcionada no guión, é dicir os valores de pH e a reactividade das posibles substancias en función do pH. En función destes datos os estudantes teñen que planificar como resolver o problema. A

planificación implica seleccionar o material que precisan utilizar, tomar decisións teóricas sobre o tipo de probas de identificación a levar a cabo e sobre como manipular as mostras, tomar decisións prácticas como o número de mostras no que deben dividir a substancia problema para a súa identificación, decidir como identificar a composición, como medir o pH e as proporcións de substancia problema e reactivos a utilizar en cada proba. Por último teñen que seleccionar os criterios de identificación que lles van permitir identificar a composición da substancia problema.

3. *Posta en práctica da investigación:* finalizada a planificación, o alumnado ten que poñelo en práctica para identificar a composición do residuo. Unha vez identificada os estudantes teñen que seleccionar o bidón de residuos no que se debe depositar en función da composición, é dicir se é un ácido depositarase no bidón de disolventes ácidos, se é unha base depositarase no bidón de disolventes básicos, se é unha substancia haloxenada no bidón de substancias haloxenadas e se contén metais pesados no bidón de metais pesados.

Tarefa 5: Quen escribiu o anónimo?

A actividade consiste na planificación e posta en práctica dunha investigación para averiguar quen escribiu un anónimo acusando a un alumno de copiar nun exame de física e química. Para resolver a actividade o alumnado ten que utilizar a información proporcionada no guión reproducido no anexo 2. Entre a información inclúese unha copia do anónimo escrito, a marca de rotulador, cor e tipo de letra de cada estudante sospeitoso, así como unha foto do cromatograma realizado cun anaco do anónimo, que denominamos de referencia.

Esta tarefa divídese en catro fases, que se describen a continuación, das cales as tres primeiras lévanse a cabo na primeira sesión, mentres que a cuarta ten lugar na segunda sesión:

1. *Lectura do guión, base de orientación e aclaración de dúbidas:* adócanse cinco minutos a ler o guión e 15 a realizar a base de orientación, durante ese tempo o profesor aproveita para aclarar dúbidas sobre a polaridade e a recordar a técnica da cromatografía. A base de orientación implica reflexionar sobre as

mesmas cuestións que nas tarefas anteriores: identificar os datos relevantes para a resolución da tarefa (cor do rotulador e tipo de letra), e as propiedades das substancias implicadas (polaridade do disolvente).

2. *Selección do disolvente a utilizar na cromatografía:* O alumnado ten que utilizar o coñecemento sobre a polaridade das substancias, traballado previamente na aula, para seleccionar o disolvente máis axeitado para separar os compoñentes da tinta dos rotuladores. Para isto teñen que ter en conta o criterio proporcionado no guión *“Algunos componentes de la tinta son sustancias polares, cuanto más polar sea el disolvente más rápido desplaza la tinta por la tira de papel y la separación de componentes se ve peor. Por el contrario, utilizando un disolvente muy apolar, los componentes de la tinta no se separan bien”*.

3. *Planificación da investigación:* Nesta fase, o alumnado en pequeno grupo, despois de reflexionar de forma individual sobre as cuestións detalladas na base de orientación, planifica unha investigación para averiguar quen escribiu o anónimo. Un esquema dun posible deseño resúmese a continuación:



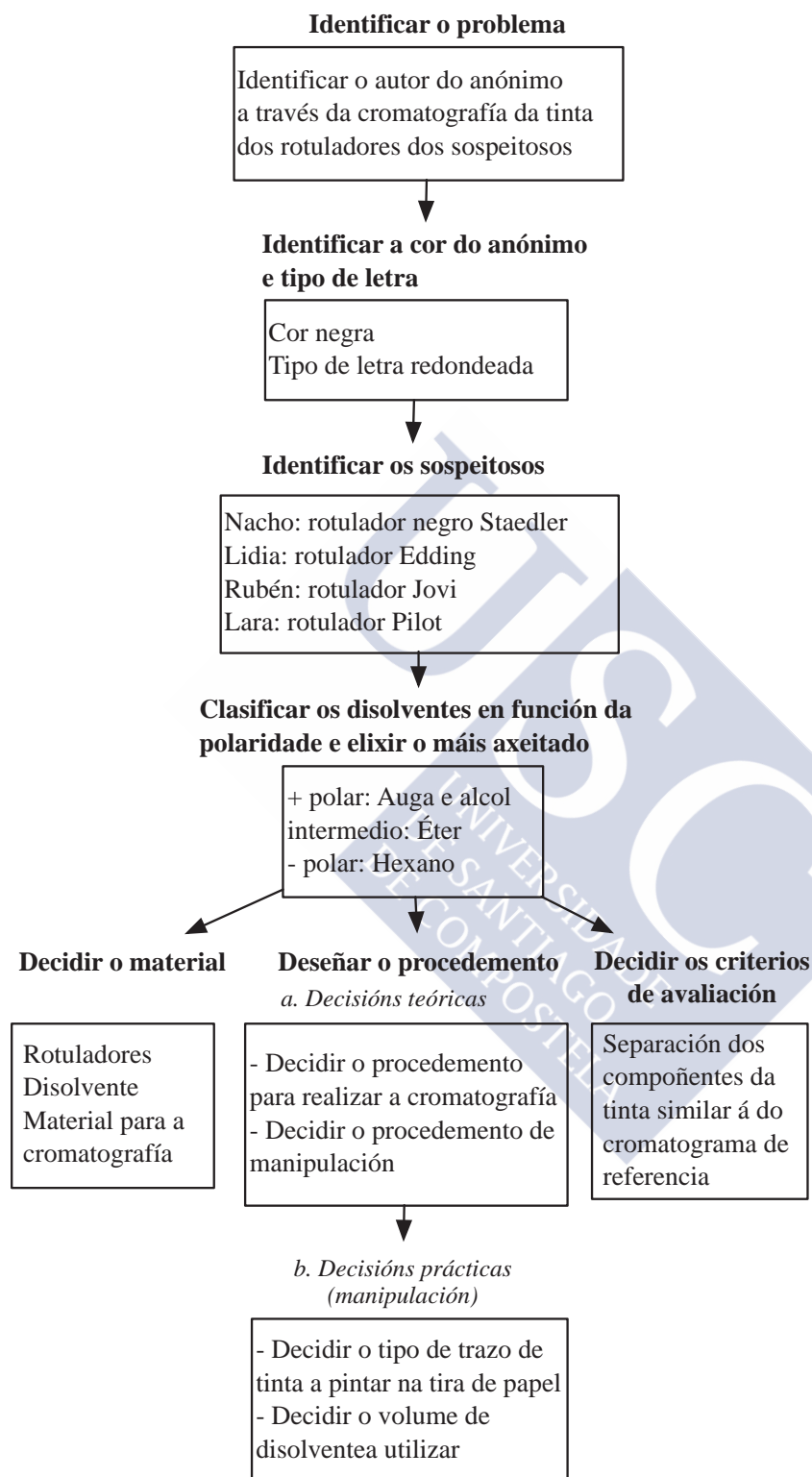


Figura 5.6 Posible planificación da investigación da tarefa 5.

No deseño a planificar o alumnado debe identificar primeiro o problema a investigar: identificar o autor do anónimo a través da cromatografía da tinta dos rotuladores dos sospeitosos e posterior comparación co cromatograma de referencia. Para poder levar a cabo a investigación coa información da que dispón, precisa identificar a información relevante proporcionada no guión, é dicir, identificar a cor do anónimo e tipo de letra, así como as características dos rotuladores e tipos de letra do alumnado sospeitoso. A continuación teñen que seleccionar os sospeitosos que teñan rotuladores da mesma cor coa que se escribiu o anónimo e o mesmo tipo de letra. E previo á planificación deben seleccionar o disolvente máis axeitado para conseguir a mellor separación dos compoñentes da tinta. A planificación implica seleccionar o material que precisan utilizar, tomar *decisións teóricas* sobre o procedemento para realizar a cromatografía, tomar *decisións prácticas* como o tipo de trazo a realizar na tira de papel coa que se vai facer a cromatografía de cada rotulador e decidir o volume de disolvente a utilizar, e seleccionar o *criterio de identificación* do culpable: separación dos compoñentes da tinta similar á do cromatograma de referencia proporcionado no guión.

4. *Posta en práctica da investigación*: feita a planificación, o alumnado ten que poñer en práctica o deseño para identificar o rotulador co que se escribiu o anónimo e seleccionar o autor do mesmo na lista de alumnos sospeitosos.

Avaliación

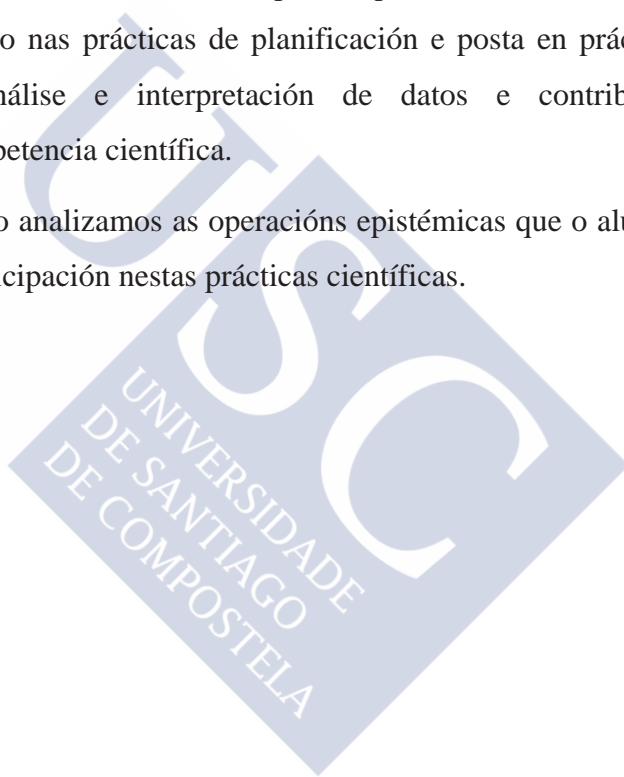
A proba de avaliación realízase de forma individual durante unha sesión de cincuenta minutos e comprende dúas actividades de lápiz e papel, que se reproducen no anexo 3. A primeira correspóndese cunha tarefa utilizada no estudo piloto de PISA que contén dous apartados. No apartado a o alumnado ten que planificar unha investigación axudándose da información proporcionada nun texto sobre a resistencia das moscas a un insecticida. No apartado b o alumnado ten que elaborar dúas explicacións científicas sobre o fenómeno de que o insecticida sexa cada vez menos efectivo contra as moscas.

A segunda actividade de avaliación consiste nunha proba de tres ítems tipo test de resposta múltiple denominada *Os protectores solares*. Esta tarefa é un dos

ítems avaliados en PISA 2006 e presenta un texto no que se explica un experimento realizado por dous estudantes para averiguar que protector solar proporciona mellor protección contra os raios solares. Nos ítems o alumnado ten que recoñecer unha explicación científica dunha serie de opcións (pregunta 1); identificar a cuestión investigada (pregunta 2); identificar o control de variables no experimento (pregunta 3); e identificar os posibles resultados do experimento (pregunta 4).

Coas actividades detalladas neste capítulo pretendemos examinar a participación do alumnado nas prácticas de planificación e posta en práctica de investigacións e de análise e interpretación de datos e contribuír ao desenvolvemento da competencia científica.

No seguinte capítulo analizamos as operacións epistémicas que o alumnado leva a cabo durante a participación nestas prácticas científicas.



CAPÍTULO 6

OPERACIÓNS EPISTÉMICAS DO ALUMNADO

NO DESEÑO E POSTA EN PRÁCTICA DE INVESTIGACIÓNS

6.1 Introducción

Este capítulo aborda os resultados correspondentes ao primeiro obxectivo de investigación da tese *“Examinar o desenvolvemento da competencia científica a través da participación do alumnado nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións e análise e interpretación de datos ao longo do estudo lonxitudinal de indagación no laboratorio”*. En particular discútnense os resultados á primeira pregunta de investigación *“Que tipo de operacións epistémicas levan a cabo os estudantes durante a participación nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións?”*.

Analízanse as operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento (Kelly, 2008a) durante as fases de deseño e posta en práctica das cinco tarefas de laboratorio que forman parte do estudo lonxitudinal discutido no capítulo 5 e identifícanse as pautas que emerxen ao longo do estudo.

O estudo céntrase no proceso polo que as operacións epistémicas se levan a cabo máis que nos produtos finais do proceso (Kelly, 2008a) e enmárcase no naturalismo epistemolóxico, que examina como producen coñecemento os individuos e as comunidades, por exemplo os científicos e as comunidades científicas, (Chinn et al., 2011) máis que na coincidencia das súas ideas sobre o traballo científico cunha perspectiva de referencia.

Como mencionamos no capítulo 2, hai distintas perspectivas sobre as operacións que se consideran epistémicas, mais neste tese baseámonos en Chinn et al. (2011). Segundo estes autores, as accións son epistémicas sempre e cando teñan como obxectivo crear novo coñecemento de forma sistemática. Neste caso consideramos como epistémicas as accións levadas a cabo polo alumnado conduzan á creación de coñecemento. A continuación resúmese a terminoloxía empregada neste capítulo:

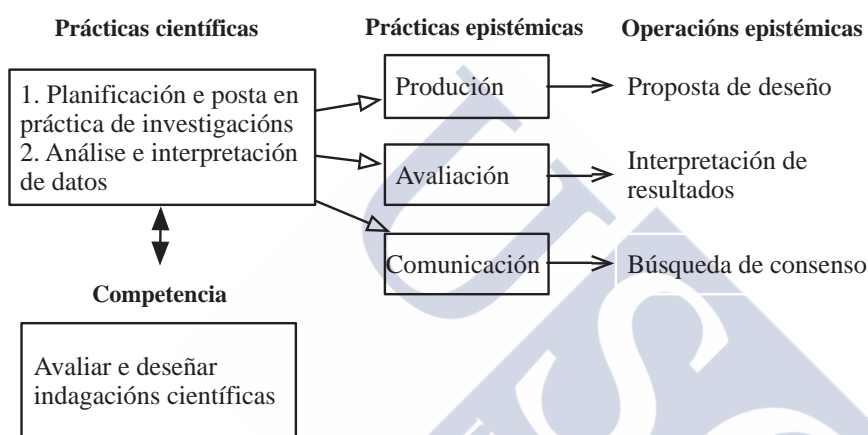


Figura 6.1 Relación entre competencias, prácticas científicas, categorías de prácticas epistémicas e operacións epistémicas.

Como prácticas científicas entendemos ás oito prácticas propostas no documento do NRC (2012), das cales examinamos dúas: 1) a planificación e posta en práctica de investigacións e 2) a análise e interpretación de datos. Estas prácticas relaciónanse coa competencia en avaliar e deseñar indagacións científicas xa que, como se discute no capítulo 2, implican desempeños comúns. Como prácticas epistémicas consideramos as propostas por Kelly (2008) encamiñadas á produción, avaliación e comunicación do coñecemento. Cada práctica epistémica inclúe unha serie de operacións epistémicas levadas a cabo o alumnado. Por exemplo para a produción de coñecemento levan a cabo a operación “proposta de deseño”, para a avaliación a “interpretación de resultados” e para a comunicación a “búsqueda de consenso” (hai outras operacións, son exemplos). As operacións incluídas en cada práctica dependen do contexto e como se discute neste capítulo identifícanse en interacción cos datos empíricos (producións do alumnado).

En primeiro lugar examínanse as operacións demandadas en cada tarefa, en segundo o deseño das ferramentas de análise, en terceiro analízanse as operacións levadas a cabo ao longo do estudo e por último examínanse as similitudes e diferenzas entre as operacións realizadas por cada pequeno grupo de estudantes.

6.2 Operacións epistémicas demandadas nas tarefas

Neste apartado analízanse as operacións epistémicas que demandan as tarefas no alumnado. Como se indica no capítulo 3, as operacións epistémicas varían en función das tarefas. A pesar de que todas as tarefas presentan unha estrutura similar, cada unha implica a aplicación de contidos diferentes e a realización de operacións específicas de cada contexto.

A xustificación desta variedade de contidos está na natureza do estudo, ao analizar o traballo de laboratorio en 3º e 4º de ESO temos que adaptarnos aos contidos do currículo que se imparten en cada curso e ao tempo que se destina para o laboratorio, xa que se pretende xerar coñecemento que teña aplicabilidade para as clases de ciencias, é dicir innovación sustentable, que poida levarse a cabo nas escolas. A relación de cada tarefa co currículo discútese no capítulo 5.

A continuación examínanse as operacións epistémicas que, na nosa opinión, se requiren para a resolución das tarefas. Esta demanda está integrada no deseño das tarefas. Non significa isto que todas elas fosen realizadas, senón que serían necesarias para unha adecuada resolución.

Operación Epistémica	Tarefas
Identificación do obxectivo	1,2,3,4,5
Proposta de criterios	1,2,3,4,5
Proposta de deseño	1,2,3,4,5
Redacción da proposta de deseño	1,2,3,4,5
Interpretación de resultados	1,2,3,4,5
Establecemento de conclusións	1,2,3,4,5
Identificación de entidades problema	2,3,4,5
Observación de propiedades	2,3,4
Identificación de variables	1,4,5
Medida propiedades/variables	1,4,5
Clasificación	2,3
Uso de representación	1

Táboa 6.1 Operacións epistémicas demandadas polas tarefas

Das 12 operacións, seis son comúns a todas as tarefas e as outras seis dependen do contexto da tarefa e dos contidos a utilizar. Por exemplo a *identificación de entidades problema* requírese nas tarefas 2, 3, 4 e 5 e a *observación de propiedades* nas tarefas 2, 3, e 4. Outras operacións como a *identificación de variables* e a *medida de propiedades/variables* demándanse só nas tarefas 1, 4 e 5. Mentres que o *uso de simulación* só se demanda na tarefa 1, xa que é a única que implica a comprensión do proceso de aparición da caries mediante a súa simulación con elementos da vida cotiá.

6.3 Ferramentas de análise: Rúbrica para a análise das operacións epistémicas

Neste apartado discútese o proceso de elaboración da rúbrica de análise das operacións epistémicas levadas a cabo polo alumnado en función das prácticas de produción, avaliación e comunicación do coñecemento, as categorías resultantes e ilústranse con exemplos dos pequenos grupos. A rúbrica parte dos estudos sobre as operacións de produción, avaliación e comunicación do coñecemento mencionados no capítulo 2 (Jiménez et al., 2008; Kelly, 2008a; e Pontecorvo & Girardet, 1993) e adáptase para o contexto de laboratorio.

6.3.1 Proceso de elaboración da rúbrica

Para a construción da rúbrica partimos dos tres tipos de prácticas propostas por Kelly (2008a) combinadas cos datos dos pequenos grupo durante as tarefas de laboratorio. O proceso de elaboración da rúbrica comprende varias fases:

- (1) División das transcricións en episodios (Gee, 2005)
- (2) Identificación dun primeiro corpus de operacións nas transcricións
- (3) Selección das operacións que se consideran epistémicas empregando o criterio de Chinn, Buckland e Samarapungavan (2011).
- (4) Elaboración das categorías preliminares de análise pola autora e contrastación coa directora da tese.

(5) Aplicación das categorías preliminares aos datos pola autora e modificación das categorías en función dos datos

(6) Codificación dun 20% dos episodios das tarefas por parte da directora da tese.

(7) Comparación dos resultados obtidos nos pasos (4) e (5) e discusión das diferenzas até chegar a un consenso.

A primeira fase consiste en dividir as transcripcións en episodios utilizando o criterio de Gee (2005), segundo o cal cada episodio comprende un ou varios turnos de palabra e defínense en función da *cuestión* discutida ou da *acción* realizada polo alumnado. Neste capítulo cada episodio comprende un ou varios turnos nos que o alumnado leva a cabo unha operación determinada. Na segunda fase utilizamos o criterio de Chinn et al. (2012) para seleccionar unicamente os episodios nos que o alumnado leva a cabo operacións epistémicas. Na terceira fase elaboramos as categorías preliminares de análise nunha interacción entre os datos e a literatura. En particular baseámonos no marco de análise para as operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento en contextos argumentativos de Jiménez Aleixandre et al. (2008). Algunhas das operacións resultantes coinciden coas propostas por estes autores para contextos de indagación (interpretación de resultados, tradución entre linguaxes ou a elaboración de argumentos e xustificacións) e outras son unha proposta nosa característica do contexto de laboratorio (elaboración dunha proposta de deseño, identificación de variables, etc.).

As operacións epistémicas distribúense nas categorías de prácticas epistémicas ás que pertencen (produción, avaliación e comunicación). Dado que unha mesma operación pode pertencer a varias categorías de prácticas, sinalamos en **negrita** a categoría na que situamos cada operación no caso concreto desta tese, que se resume na táboa 6.2.

Operación	Práctica epistémica
Proposta de deseño	P/A
Identificación de variables	P/A
Identificación de entidades problema	P/A
Discusión de propostas de deseño	P/C
Redacción da proposta de deseño	P/C
Explicación científica	P/A/C
Contextualización	P/A
Proposta de predición	P
Uso de representación	P/A/C
Definición	P/A
Exemplificación	P/A/C
Identificación/reformulación do obxectivo da tarefa	P/A
Argumentación	P/A/C
Proposta/ uso de criterios	P/A/C
Clasificación	P/A/C
Avaliación de propostas ou produtos	P/A
Interpretación/discusión de resultados	P/A/C
Establecemento de conclusións	P/A/C
Lexitimación	P/A/C
Pregunta/resposta de clarificación	P/C
Tradución entre linguaxes	P/A/C
Búsqueda de consenso	A/C

Táboa 6.2 Distribución das operacións nas categorías de prácticas epistémicas

En base a esta clasificación das operacións nas categorías de prácticas, elaboramos a rúbrica de análise que consta de tres dimensións (producción, avaliación e comunicación do coñecemento) dentro das cales se clasifican as operacións epistémicas. Cada dimensión divídese en dúas categorías: de tipo *específico*, é dicir operacións características dos contextos de indagación (por exemplo a proposta de deseño ou a identificación de variables) e de tipo *xeral*, operacións comúns a todos os contextos de argumentación, modelización e indagación (por exemplo a clasificación, identificación ou a comparación).

Cabe sinalar que aínda que as operacións se distribúen nestes grupos, algunhas delas se solapan é dicir, ás veces para levar a cabo unha é preciso realizar primeiro outra doutro grupo. Por exemplo ás veces, a operación de proposta de deseño implica levar a cabo a proposta de criterios de identificación ou de avaliación. Este solapamento analízase en detalle no capítulo 7.

Práctica epistémica	Tipo	Operación
Producción de coñecemento	Específico	Proposta de deseño
		Explicación científica
		Contextualización
	Xeral	Proposta de predición
		Uso de representación
		Definición
Avaliación do coñecemento	Específico	Exemplificación
		Identificación de variables
		Identificación de entidades problema
		Identificación/reformulación do do obxectivo da tarefa
	Xeral	Argumentación
		Proposta/ uso de criterios
		Clasificación
		Avaliación de propostas ou produtos
		Interpretación/discusión de resultados
		Establecemento de conclusións
Comunicación de coñecemento	Específico	Lexitimación
		Discusión de propostas de deseño
		Redacción da proposta de deseño
	Xeral	Pregunta/resposta de clarificación
		Tradución entre linguaxes
		Búsqueda de consenso

Táboa 6.3 Rúbrica para a análise das operacións epistémicas.

A continuación resúmese o significado das operacións epistémicas que compoñen a rúbrica.

6.3.2 Significado das operacións epistémicas

Neste apartado detállanse as categorías de cada grupo de prácticas de produción, avaliación e comunicación de coñecemento e documéntanse con exemplos.

Operacións de produción de coñecemento

Nesta práctica analízanse as operacións epistémicas relacionadas coa produción do coñecemento, é dicir, todo o que ten que ver con propostas, construción, uso de modelos, conceptos e explicacións, incluíndo as representacións, xa que son modelos expresados. Estas operacións son de dous tipos, específico (E) e xeral (X):

E1) *Proposta de deseño*: episodios nos que o alumnado planifica a investigación a levar a cabo para resolver o problema. Por exemplo na tarefa 1 cando o alumnado propón empregar tres anacos de cunchas lavadas unha con pasta x, outra coa y e outra con auga para avaliar a efectividade das pastas de dentes.

X1) *Explicación científica*: episodios nos que o alumnado propón unha explicación dun fenómeno, mecanismo ou procedemento científico apelando aos coñecementos científicos (conceptos, modelos, teorías, etc). Por exemplo na tarefa 3, cando unha estudante explica ao resto do seu grupo como é a estrutura dunha substancia polar, xa que un dos criterios a empregar para identificar unha das posibles substancias contaminantes na mostra de auga do río, é que as substancias covalentes apolares son solubles en disolventes apolares como o sulfuro de carbono.

X2) *Contextualización*: episodios nos que o alumnado transforma o coñecemento en decisións ou accións sobre un aspecto determinado. Por exemplo na tarefa 3, o alumnado emprega o coñecemento sobre a polaridade das substancias e a configuración electrónica co propósito de identificar a substancia contaminante na mostra de auga de entre oito contaminantes potenciais. Para iso toman a decisión de utilizar sulfuro de carbono (do que se indica no guión que só dissolve substancias apolares). Discuten esta decisión en base ao coñecemento de que o xofre é unha substancia apolar.

X3) *Proposta de predición*: os episodios nos que o alumnado anticipa un suposto resultado a obter na posta en práctica da investigación. Por exemplo, tamén na tarefa 1, cando o alumnado predí que o globo utilizado para medir a efectividade da pasta x vai ser o que máis tarde en levantarse como consecuencia do desprendemento máis lento de dióxido de carbono producido na reacción entre as cunchas e o ácido clorhídrico.

X4) *Uso de representación*: episodios nos que o alumnado fai referencia a un modelo para comprender o proceso representado. Por exemplo, na tarefa 2, o alumnado axúdase dun modelo molecular de bolas para visualizar a estrutura das

substancias iónicas e poder identificar as substancias do pedido formadas por ións.

X5) *Definición*: episodios nos que o alumnado define algún concepto que precisan empregar no deseño ou na posta en práctica. Por exemplo, na tarefa 2, o alumnado emprega a definición de molécula para clasificar as substancias do pedido en función da súa natureza (iónica, molecular, reticular, ou metálica) e poder aplicar os criterios de identificación propostos no guión da tarefa (solubilidade, conductividade en función da natureza das substancias).

X6) *Exemplificación*: episodios nos que o alumnado propón exemplos que axudan a comprender un concepto ou acción determinada. Por exemplo, na tarefa 2, igual que no exemplo anterior, propón a auga como exemplo de molécula para identificar as substancias do pedido que están formadas por moléculas.

Operacións de avaliación de coñecemento

Nesta práctica examínanse as operacións levadas a cabo polo alumnado encamiñadas á avaliación do coñecemento, é dicir, as relacionadas co uso de criterios para identificar variables, para coordinar teoría con probas, etc.

E2) *Identificación de variables*: episodios nos que o alumnado recoñece as magnitudes que cambian nas investigacións. Por exemplo, na tarefa 1 o alumnado identifica como variable o tempo que tarda en inflarse o globo situado sobre tubos de ensaio como consecuencia do desprendemento de dióxido de carbono que se produce na reacción entre as cunchas e o ácido clorhídrico.

E3) *Identificación de entidades problema*: episodios nos que o alumnado recoñece unha substancia a partir das súas características, propiedades ou comportamento. Por exemplo na tarefa 4 o alumnado identifica a composición do residuo problema a través da medida do pH e da observación da reactividade química indica no guión da actividade.

X7) *Identificación/reformulación do obxectivo da tarefa*: episodios nos que o alumnado recoñece o propósito da tarefa reformúlao coas súas propias palabras. Por exemplo na tarefa 4 recoñece como obxectivo da tarefa identificar a

composición do residuo olvidado no laboratorio sen etiquetar para despois depositalo no bidón de almacenamento correspondente.

X8) *Proposta/uso de criterios*: episodios nos que o alumnado establece criterios que permiten avaliar un enunciado, situación ou procedemento. Por exemplo na tarefa 3, cando usa os criterios do guión sobre a conductividade e solubilidade das substancias iónicas, como criterios para averiguar se hai sal na mostra de agua do río.

X9) *Clasificación*: episodios nos que o alumnado ordena substancias ou obxectos por clases ou grupos. Por exemplo na tarefa 2 clasifica as substancias do pedido en función da súa natureza (iónica, metálica, molecular ou reticular) para poder empregar os criterios de identificación das mesmas xa que se proporcionan en función da natureza das substancias.

X10) *Avaliación de propostas ou produtos*: episodios nos que o alumnado analiza un ou varios procedementos, métodos, variables ou obxectos. Inclúense nesta categoría os episodios nos que compara procedementos, métodos ou resultados. Por exemplo na tarefa 5, compara os cromatogramas resultantes da separación dos compoñentes da tinta dos rotuladores sospeitosos de escribir o anónimo cos doutro grupo, para comprobar se os resultados son os mesmos.

X11) *Argumentación*: episodios nos que o alumnado constrúe un enunciado xustificado sobre o deseño a planificar ou sobre a conclusión que se deriva dos resultados. Por exemplo na tarefa 2 clasifica o grafito e o xofre (dúas das substancias do pedido roto) como substancias moleculares e xustifícano en base á fórmula molecular de ambos compostos.

X12) *Interpretación de resultados*: episodios nos que o alumnado examina e discute os resultados obtidos nas investigacións, por exemplo na tarefa 5 cando examina o desprazamento dos compoñentes da tinta resultante nos diferentes cromatogramas dos rotuladores sospeitosos de escribiren o anónimo e os compara co cromatograma de referencia.

X13) *Establecemento de conclusións*: episodios nos que o alumnado deriva conclusións dos datos e establecen unha solución ao problema obxecto de investigación (esta conclusión pode ser formulando un argumento ou propoñendo

a conclusión sen xustificar). Por exemplo cando na tarefa 5, despois de interpretar o desprazamento dos compoñentes da tinta nos distintos cromatogramas e de comparalos co de referencia, utiliza os resultados obtidos (probas) xunto cos datos proporcionados no guión relativos ao tipo de letra, marca e cor de rotulador de cada alumno sospeitoso para establecer o culpable da escritura do anónimo.

X14) *Lexitimación* episodios nos que o alumnado comenta ou dubida da capacidade que teñen eles mesmos para realizar o deseño, experimento, etc. Por exemplo na tarefa 1 dubida de se van poñer en práctica o deseño que teñen que elaborar para avaliar a efectividade das pastas de dentes e trata de asegurarse de que o van realizar.

Operacións de comunicación de coñecemento

Nesta dimensión examínanse as operacións levadas a cabo polo alumnado encamiñadas á comunicación do coñecemento. Estas operacións están relacionadas co carácter discursivo das prácticas científicas e a importancia do discurso na produción científica, tanto oral como escrito.

E4) *Discusión de propostas de deseño*: episodios nos que o alumnado comenta entre si ou co profesor os distintos puntos que incluíron no deseño. Por exemplo na tarefa 1 o profesor pregunta cantas mostras van empregar para avaliar a efectividade das pastas e de que tipo e o alumnado dun grupo lle responde que van empregar tres mostras, unha por cada tipo (cunchas lavadas con pasta x, con pasta y e con auga).

E5) *Redacción da proposta de deseño*: episodios nos que o alumnado escribe a planificación a levar a cabo para resolver a actividade. Por exemplo na tarefa 5 indica por escrito o disolvente que van utilizar para realizar o cromatograma e xustifica a súa elección, o número de mostras a realizar e o criterio para identificar o cromatograma do rotulador co que se escribiu o anónimo.

X15) *Pregunta/resposta de clarificación*: episodios nos que o alumnado formula unha pregunta ao grupo ou ao profesor sobre o deseño ou posta en práctica do mesmo. Por exemplo preguntas relacionadas coa utilidade do certos

materiais proporcionados para resolver as actividades, sobre as propiedades das substancias a identificar, sobre o procedemento a planificar ou sobre cuestións metodolóxicas da posta en práctica como a montaxe dun circuíto eléctrico para medir a conductividade.

X16) *Tradución entre linguaxes*: episodios nos que o alumnado emprega distintas linguaxes (verbal, simbólica, etc) para referirse ao mesmo concepto ou obxecto. Por exemplo na tarefa 3 relaciona a nomenclatura química dun posible contaminante da mostra de auga, o xofre, coa súa simboloxía química. En teoría esta relación podería axudarlles a clasificalo en función do enlace químico para despois poder empregar os criterios de identificación das substancias (solubidade e conductividade) que aparecen no guión en función do tipo de enlace químico.

X17) *Búsqueda de consenso*: episodios nos que o alumnado busca o acordo entre todos os membros do grupo sobre algúns aspectos do deseño que planifican. Por exemplo na tarefa 1 busca o acordo entre os membros do grupo para establecer o criterio de avaliación da efectividade das pastas de dentes.

A gran variedade de operacións epistémicas que compoñen a rúbrica de análise xustifícase en base á natureza das tarefas, e da duración de dous anos do estudo. A continuación preséntanse as operacións epistémicas levadas a cabo polo alumnado ao longo do estudo.

6.4 Operacións epistémicas do alumnado ao longo do estudo lonxitudinal

Neste apartado analízanse as operacións epistémicas de produción, avaliación e comunicación de coñecemento que o alumnado leva a cabo ao longo do estudo lonxitudinal e ilústranse con exemplos do discurso de cada pequeno grupo. Para a análise dividimos o proceso de resolución das tarefas en dúas fases: a de planificación da investigación e a de posta en práctica.

6.4.1 Operacións de produción de coñecemento: planificación da investigación

Entre as operacións de produción de coñecemento, para a fase de planificación da investigación, identificamos unha de tipo *específico*: proposta de deseño e cinco de tipo *xeral*: proposta de predición, explicación científica, contextualización, uso de simulación, definición e exemplificación. Os resultados para cada pequeno grupo resúmense na táboa 6.4 en termos de número de episodios relativos a cada operación epistémica.

	Operación	GO/O'					GP/P'					GT/T'				
		T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
I	Proposta de deseño	17	11	10	9	7	8	4	8	9	5	11	6	7	5	6
	Explicación científica	-	1	2	2	1	-	3	2	-	-	-	1	-	-	-
	Contextualización	-	2	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
	Proposta de predición	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
X	Uso de representación	1	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Definición	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Exemplificación	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Táboa 6.4 Operacións de produción de coñecemento durante a planificación.

Lenda: I: operacións de tipo específico; X: operacións de tipo xeral; GO/O': grupo O; GP/P': grupo P; GT/T': grupo T; T1: tarefa 1; T2: tarefa 2; T3: tarefa 3; T4: tarefa 4; T5: tarefa 5.

Os resultados indican que para operación proposta de deseño existen máis episodios nas primeiras tarefas que nas últimas. En canto ás operacións de tipo xeral non existe unha pauta clara, mais as categorías que aparecen con máis frecuencia nos grupos son a *explicación científica* (aparece no grupo O/O' en catro tarefas; no P/P' en tres; e no T/T' nunha) e a *contextualización* (aparece no grupo O/O' en dúas tarefas; e nos grupos P/P' e T/T' nunha tarefa). A *proposta de predición* só aparece nos grupos O/O' e P/P' (nunha tarefa en cada grupo). O *uso de representación* aparece tamén só nos grupos O/O' e P/P' (en dúas tarefas en cada grupo). E as operacións *definición* e *exemplificación* só se identifican no grupo O/O' (nunha tarefa).

A continuación discútese os resultados de cada operación epistémica e ilústranse con exemplos dos pequenos grupos.

A *proposta de deseño* é a categoría maioritaria para todos os grupos na fase de planificación. No grupo O/O' identifícase en todas as tarefas un maior número de episodios correspondentes a esta operación (N=54) que no P/P' (N=34) e no T/T' (N=35). No grupo O/O' dos 54 episodios, 17 teñen lugar na tarefa 1, 11 na 2, dez na 3, nove na 4 e sete na 5, observándose unha diminución progresiva ao longo das tarefas. No grupo P/P', dos 34 episodios oito identifícanse na tarefa 1, catro na tarefa 2, oito na tarefa 3, nove na tarefa 4 e cinco na tarefa 5. No grupo T/T' dos 35 episodios, 11 teñen lugar na tarefa 1, seis na tarefa 2, sete na tarefa 3, cinco na tarefa 4 e seis na tarefa 5. Nestes dous grupos non hai unha diminución tan clara de episodios ao longo das tarefas coma no grupo O/O'. Esta operación discútase con detalle no capítulo 7 adicado ao deseño e posta en práctica do mesmo, mais un exemplo da mesma correspondente ao grupo O/O' na tarefa 1 resúmese a continuación:

142 Olga: *Pensaches nos litros ti?*

143 Olaia: *Dous mililitros*

144 Ofelia: *E que un dente pesa cero con cinco gramos aproximadamente*

145 Olga: *Eso é o que temos que ter entre agua e dente*

146 Ofelia: *Mais é verdá non todos teñen os mesmos dentes*

147 Olaia: *Pero un dente pesa cero con cinco gramos, entonces...*

150 Ofelia: *E que ácidos utilizamos?*

151 Olga: *Díxoo el [o profesor]*

152 Ofelia: *Ácido clorhídrico, pero este solo é un!*

153 Olivia: *Pero ten que haber máis eh!*

154 Olga: *Ah non, non! Son anacos de cunchas, o sea un cachiño*

155 Ofelia: *Unha cuncha de cero con cinco gramos, e a cantidade de ácido?*

156 Olaia: *Pois....*

157 Olivia: *A equivalente*

158 Olga: *Ácido clorhídrico pon aquí [no guión da actividade]*

159 Ofelia: *Daquela si ti metes un cacho dun dente*

160 Olga: *Non podes meter máis ácido do que sería o dente*

161 Olaia: *A ver, se aproximadamente son cero con cinco gramos, que equivalencia é? ti non lle vas meter setenta gramos ou vinte de ácido, non?*

Neste fragmento os participantes tratan de decidir as cantidades a utilizar na reacción entre as cunchas e o ácido clorhídrico. Olaia (turno 143) propón empregar dous mililitros de ácido mais Ofelia no turno seguinte recupera o dato do guión de que un dente pesa 0,5 gramos e Olga (turno 145) relaciona ese dato

co volume de ácido clorhídrico a empregar. Cabe sinalar que cando se levou a cabo a actividade os participantes non tiñan coñecementos sobre a estequiometría das reaccións químicas, aínda así pensan que hai que empregar unha cantidade “equivalente” (Olivia, turno 157) entre cunchas e ácido. Neste caso non sería preciso ter coñecemento sobre estequiometría para resolver a actividade, xa que con engadir unha cantidade de ácido que cubra a cuncha no tubo de ensaio sería suficiente para producir o desprendemento de dióxido de carbono que permita levantar o globo colocado no tubo. Aínda así o alumnado reconece que ten que haber unha relación entre as cantidades dos reactivos a utilizar.

A *explicación científica* é a operación de tipo xeral que máis veces se identifica ao longo do estudo (N=12). No grupo O/O' (N=6) aparece nas tarefas 2 (N=1), 3 (N=2), 4 (N=2) e 5 (N=1). No grupo P/P' (N=5) identifícase nas tarefas 2 (N=3) e 3 (N=2) e no grupo T/T' (N=1) só se identifica un episodio na tarefa 2. Un exemplo desta operación para o grupo P/P' na tarefa 3 é o seguinte:

265 Rosa: *Pero eso [Sulfuro de carbono e manteca] non conduce*

266 Paula: *Non conduce?*

267 Uxío: *No*

268 Paula: *Ah vale! Ah no, claro!*

269 Rosa: *Porque [os compoñentes da mostra] non teñen suficientes moléculas de auga*

270 Paula: *E aínda así son covalentes*

271 Rosa: *Son covalentes, pero non se disolven en auga*

272 Paula: *Substancias covalentes apolares*

Neste fragmento o alumnado leva a cabo a medida da conductividade eléctrica para identificar os posibles contaminantes na mostra de auga do río. Rosa no turno 265 observa que a mostra que utilizan non conduce a electricidade. Paula (266) estráñase de que a mostra non conduza e Rosa (269) da unha explicación á observación realizada: non conduce porque a mostra non ten suficientes moléculas de auga. Esta explicación baséase nos criterios de identificación das substancias covalentes detallados no guión da tarefa, segundo os cales “*Las sustancias con enlace covalente son solubles en agua en ciertos casos, por ejemplo cuando tienen muchos átomos de oxígeno que permiten la unión con las moléculas de agua*” e “*La mayoría de las sustancias con enlace covalente no conducen la*

electricidad”. A continuación Paula no turno 270 clasifica os compoñentes da mostra como substancias covalentes e Rosa (271) utiliza como criterio de identificación a non solubilidad en auga. Paula (272) completa a clasificación realizada no turno 270 engadindo que as substancias son covalentes e apolares.

En canto á operación *contextualización*, identifícase nos tres grupos (N=7). No grupo O/O’ (N=4) aparece nas tarefas 2 e 3 en dous episodios en cada unha, mentres que no grupo P/P’ aparece só na tarefa 2 (N=2) e no grupo T/T’ na tarefa 3 (N=1). Un exemplo desta operación do grupo P na tarefa 2 é o seguinte:

106 Pedro: *O xofre é un metal?*

107 Pilar: *Está formado por moléculas*

108 Pedro: *E logo por que o xofre é o que estudiamos en ciencias o da chuvia ácida? É porque o metal voa?*

109 Pablo: *Xofre é azufre*

110 Paula: *Ah, vale!*

111 Pedro: *É o que dixer eu que lle botabamos ás patacas para que colleran un color amarillo*

Neste fragmento o alumnado clasifica as substancias do pedido en función da súa natureza e utiliza o coñecemento sobre o xofre, científico (Pilar 107, Pedro 108) ou empírico da vida cotiá (Pedro 111) para xustificar a clasificación realizada. En canto á aplicación do coñecemento científico, Pedro (106) pregunta se o xofre é un metal, mais Pilar (107) indica que está formado por moléculas. En ambos turnos o alumnado está dando un significado de entidade química a algo. Pedro (108) apela a o coñecemento sobre o xofre estudado no ano anterior en ciencias da natureza sobre a súa presenza na choiva ácida. En canto ao coñecemento empírico, Pedro (111) utiliza o coñecemento da vida cotiá sobre o uso do xofre como pesticida no cultivo das patacas. En resumo, o alumnado nos turnos descritos está dando significado a un termo abstracto en varios contextos.

A operación *propuesta de predicción* identifícase só en tres episodios ao longo do estudo. No grupo O/O’ aparece na tarefa 4 (N=1) e no grupo P/P’ na tarefa 3 (N=2). Un exemplo desta categoría correspondente ao grupo O/O’ na tarefa 4 ilústrase a continuación:

148 Ofelia: *A idea é que nós metemos todo nun cacharrito as muestras, joder non podes facelo todo no mismo cacharro*

149 Olaia: *Si claro, hai dous bases, tres neutros... este non vai ser porque se é un ácido é moi fácil*

150 Olga: *Boa teoría [Olaia]!*

Neste fragmento o alumnado durante o deseño da investigación para averiguar a composición do residuo olvidado no laboratorio en función dos datos de pH e reactividade das posibles substancias predí que o residuo non vai ter pH ácido porque entre a lista de substancias só hai unha de seis que teña ese pH (Olaia, turno 149). Para facer a predición baséase na cultura escolar, descartando un posible resultado por considerar demasiado sinxela a súa identificación.

A operación *uso de representación* (N=4), aparece só nos grupos O/O' e P/P' nas tarefas 1 e 2 (un episodio por tarefa e grupo). No grupo T/T' non se identifica esta operación. Un exemplo correspondente ao grupo O/O' na tarefa 2 é o seguinte:

231 Olga: *Vale, entonces sacarosa e xofre en pó é unha molécula; cloruro de sodio está formada por ións*

232 Profesor: *Si este [modelo de bolas] representa o Na^+ e Cl^-*

233 Ofelia: *Ah! O que explicaches o outro día das bolas máis grandes e máis pequenas*

234 Profesor: *Si, algo así*

235 Olga: *Os grandes son as cargas positivas e as pequenas as negativas*

237 Olga: *Se collemos cargas positivas facemos que o cloruro de sodio tamén se recolla, pero tamén recollemos o ferro [co imán].*

Neste fragmento o alumnado está intentando clasificar as substancias do pedido en función da súa natureza. Para axudarlles a ver que o sodio está formado por ións, o profesor utiliza un modelo molecular do bolas que representa o cloruro de sodio. Ofelia (turno 233) fai referencia á explicación sobre as substancias iónicas que o profesor deu días atrás na clase. Olga (235) identifica os ións positivos e negativos do sodio en función do tamaño das bolas do modelo. Ademais no turno 237 utiliza a estrutura do modelo para propoñer unha forma de separar as substancias mesturadas do pedido, pouco axeitada (turno 237): recoller as cargas positivas do cloruro de sodio e o ferro cun imán.

As operacións *definición* (N=3) e *exemplificación* (N=2) só se identifican no grupo O/O' na tarefa 2. Un exemplo de definición recóllese no seguinte fragmento:

70 Ofelia: *A ver, o outro día [o profesor] explicou o da regra esa tal, pero non dixo...*

71 Olga: *Pero é que non dixo en que se diferenciaban nesto*

72 Ofelia: *A ver, eu que sei... unha substancia*

73 Olga: *En redes son cando dúas moléculas se unen*

74 Ofelia: *Están ordenados e non acaban*

Neste fragmento o alumnado pretende clasificar as substancias do pedido roto en función da súa natureza. Ofelia (70) fai referencia á información vista nunha sesión previa á actividade na que o profesor explicou os contidos relativos á natureza das substancias. Olga (73) define as redes como a unión de dúas moléculas e Ofelia (74) completa a definición de Olga engadindo que os átomos nas redes están ordenados e as unión son infinitas.

En canto á operación *exemplificación*, un exemplo detállase a continuación:

75 Olga: *Claro, e cales non acaban?*

76 Ofelia: *As redes de aluminio*

77 Olivia: *Pero aquí non hai aluminio*

78 Olga: *Pero hai ferro. Aluminio, ferro, é un metal*

Neste fragmento, que se corresponde coa continuación dos turnos indicados no exemplo anterior sobre a definición das redes de átomos, Olga (75) pide un exemplo de redes infinitas. Ofelia (76) pon como exemplo as redes de aluminio mais a Olivia (77) non lle convence o exemplo porque non é aplicable á tarefa, xa que non hai aluminio no pedido roto. Olga (78) asocia o exemplo do aluminio co ferro que si está presente na tarefa, mais o clasifica como metal, non como rede de átomos.

6.4.2 Operacións de produción de coñecemento: posta en práctica da investigación

Entre as operacións de produción de coñecemento, para a fase de posta en práctica, identificamos unha operación de tipo *específico*: posta en práctica do deseño; e dúas operacións de tipo *xeral*: proposta de predición e explicación

científica. Os resultados relativos ao número de episodios identificados en cada pequeno grupo resúmense na táboa 6.5.

Operación	GO/O'					GP/P'					GT/T'				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
I Posta en práctica do deseño	18	8	7	6	12	19	14	15	12	3	10	10	12	11	12
X Proposta de predición	3	3	1	-	-	3	-	1	-	1	1	-	-	-	-
Explicación científica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-

Táboa 6.5 Operacións de produción de coñecemento durante a posta en práctica. Lenda: I: operacións de tipo específico; X: operacións de tipo xeral; GO/O': grupo O; GP/P': grupo P; GT/T': grupo T; T1: tarefa 1; T2: tarefa 2; T3: tarefa 3; T4: tarefa 4; T5: tarefa 5.

Nos resultados resumidos na táboa 6.5 non se aprecian pautas comúns nos grupos ao longo das tarefas. A única operación que se identifica para todos os grupos en todas as tarefas é a *posta en práctica do deseño*. A *proposta de predición* identifícase en todos os grupos mais non en todas as tarefas (nos grupos O/O' e P/P' en tres tarefas e no grupo T/T' nunha tarefa). En canto á *explicación científica* só se identifica no grupo T/T' nunha soa tarefa.

A continuación discútense os resultados de cada operación e ilústranse con exemplos dos pequenos grupos.

A operación *posta en práctica do deseño* é a categoría maioritaria para todos os grupos en todas as tarefas (N=169). Esta operación, igual que a de *proposta de deseño* na fase de planificación, discútese en detalle no capítulo 7. No grupo O/O' (N=51) non existe unha pauta clara, xa que se identifican máis episodios no principio e final do estudo: na tarefa 1 (N=18) e na tarefa 5 (N=12), mentres que nas tarefas 2 (N=8), 3 (N=7) e 4 (N=6) o número de episodios é menor que nas anteriores. No grupo P/P' (N=63) identificamos máis episodios que no grupo anterior. Nas tarefas do principio do estudo (1, 2 e 3) o número é maior que nas do final (4 e 5), así nas tarefas 1, 2 e 3 aparecen 14, 15 e 12 episodios respectivamente, mentres nas tarefas 4 e 5 identifícanse 12 e tres episodios respectivamente. No grupo T/T' (N=55) o número de episodios en cada tarefa é similar, non existindo diferenzas significativas entre tarefas. Así nas tarefas 1 e 2 aparecen dez episodios en cada unha, nas tarefas 3 e 5 hai 12

episodios en cada unha e na tarefa 4 aparecen 11 episodios. Un exemplo desta operación para o grupo T/T' na tarefa 4 é o seguinte:

172 Teresa: *Eso [cor da tira de papel indicador] é normal [neutro] no?*

173 Sara: *Claro e que non cambia de color como coas outras [tiras]*

174 Profesor: *Cambia, cambia*

175 Sara: *[o pH] É sete, seis*

176 Profesor: *Podedes probar vós*

177 Sara: *É igual [neutro] esto é auga!*

178 Teresa: *É unha base*

179 Sara: *No, non é unha base é neutro. Hai tres neutros. Probamos outra vez?*

180 Profesor: *Pero é necesario probar tantas veces? Porque se tedes catro probas e da sempre o mesmo...*

Neste fragmento o alumnado pon en práctica o deseño elaborado na fase anterior no que decidiron medir o pH do residuo e en función do valor de pH realizar as probas de identificación detalladas no guión. Empezan medindo o pH do residuo utilizando dous tipos de tiras de papel indicador: nun caso as tiras indican unha tonalidade de cores diferentes a comparar con patróns de referencia e noutro indican unha cor en función do valor do pH. Teresa (172) compara a cor obtida con ambas tiras. Sara (175) indica que o pH é seis. Teresa (178) asocia o valor de pH obtido coas substancias básicas mais Sara corríxea indicando que a substancia é neutra. Unha vez obtido o valor do pH identifican tres posibles substancias con ese pH e propón volver a medir o pH. O profesor recomenda non volver a medilo porque xa fixeron probas con dúas tiras de papel indicador diferentes, obtendo o mesmo valor.

En canto á operación *predición* (N=13) identifícanse episodios nos tres grupos, mais nos grupos O/O' (N=8) e P/P' (N=5) aparecen con máis frecuencia que no T/T' (N=1). No grupo O/O' levan a cabo predicións nas tarefas 1 (N=3), 2 (N=3) e 3 (N=1), no grupo P/P' nas tarefas 1 (N=3), 3 (N=1) e 5 (N=1); mentres que no grupo T/T' só na tarefa 1 (N=1). Un exemplo do grupo O/O' na tarefa 1 detállase no seguinte fragmento:

651 Olivia: *E esta é a equis*

652 Ofelia: *A equis é a que ten máis [flúor]*

653 Olaia: *Pois vai tardar menos porque solo van dous minutos*

654 Ofelia: *O que pasa é que a pasta equis*

655 Olga: *Pero, a ver o flúor é o que evita que teñamos caries, canto máis flúor menos posibilidades hai de caries, entón máis tempo lle leva*

656 Olivia: *Pois no, Olga!*

Neste fragmento o alumnado leva a cabo a medida do tempo que tarda en levantarse o globo colocado no tubo no que se leva a cabo a reacción entre a cuncha lavada con pasta x e o ácido clorhídrico. Ofelia (652) fai referencia á concentración de fluoruro de sodio das pastas, indicando que a pasta x é a de máis concentración. Olaia (653) predí que a reacción vai tardar menos tempo. Olga (655) utiliza a simulación entre a reacción simulada e a que se produce no mundo físico para explicar contradicir a predición de Olaia. Olivia (656) mentres observa como vai levantándose o globo contradí a Olga.

En canto á operación *explicación científica*, só se identifica no grupo T/T' na tarefa 2 (N=1), no seguinte fragmento:

359 Teresa: *Ver se é conductor*

360 Tina: *Que funcione esto [a bombilla]?*

361 Toño: *Si, con esto [electrodos]. Si funciona é unha cousa, se non é outra*

362 Tina: *E hai que meter estes paus [electrodos] aquí?*

363 Toño: *Toma a pila hombre, que sin pila non fai nada*

364 Teresa: *Pero eu non entendo*

365 Toño: *Tes que facer un circuíto pero polo medio pór esto [electrodos], como se fora en plan problema*

372 Teresa: *Bueno que! esto [o circuíto] xa vai? Que lle queda?*

373 Toño: *Agora hai que meter polo medio esto [electrodos]*

374 Teresa: *Espera que chamamos ao maestro*

375 Toño: *Non sabes?*

376 Tina: *[Toño] non te entendo*

377 Toño: *Como se fose unha resistencia ou algo así*

378 Teresa: *Esto [electrodos] métese dentro*

379 Toño: *Dame un boli e unha libreta, vouche explicar eu. Ves sería un circuíto algo así: pila e o que conduce a electricidade aquí [debuxa a montaxe do circuíto na libreta] Hai que ir a clase desto [tecnoloxía] eh!*

Neste fragmento o alumnado pretende comprobar a conductividade eléctrica dunha das substancias do pedido utilizando un circuíto eléctrico. Toño explica durante todo o fragmento como medila. Primeiro indica a Tina como conseguir que se acenda a bombilla no circuíto: utilizando uns electrodos (turno 361) e unha pila (turno 363). A continuación (turnos 365 e 372) explica como unir os elementos do circuíto mais Tina (376) e Teresa (378) non entenden. Para

axudarlles Toño (379) explícalles como sería a montaxe do circuío a través dun esquema que elabora na libreta.

6.4.3 Operacións de avaliación de coñecemento: planificación da investigación

Entre as operacións de avaliación de coñecemento nesta fase, o alumnado leva a cabo dúas de tipo *específico* (identificación do obxectivo da tarefa e identificación de variables) e sete de tipo *xeral* (proposta de criterios, identificación, clasificación, contextualización, comparación de propostas e produtos, avaliación e lexitimación). Os resultados correspondentes a cada pequeno grupo resúmense na táboa 6.6.

Operación	GO/O'					GP/P'					GT/T'				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
I Identificación de variables	1	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Identificación de entidades problema	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-
X Proposta de criterios	5	7	13	6	6	5	8	3	5	3	1	9	6	2	1
Identificación do obxectivo da tarefa	1	6	1	1	-	1	5	5	-	-	1	1	1	-	-
Clasificación	-	10	6	-	4	-	5	4	-	3	-	3	1	-	1
Avaliación de propostas ou produtos	3	2	1	-	7	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Lexitimación	2	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Táboa 6.6 Operacións de avaliación de coñecemento durante a planificación.

Lenda: I: operacións de tipo específico; X: operacións de tipo xeral; GO/O': grupo O; GP/P': grupo P; GT/T': grupo T; T1: tarefa 1; T2: tarefa 2; T3: tarefa 3; T4: tarefa 4; T5: tarefa 5.

Os resultados relativos ás operacións de avaliación de coñecemento de tipo específico resumidos na táboa 6.6 revelan algunhas similitudes entre grupos. A operación *identificación de variables* aparece nos grupos O/O' e P/P' nas mesmas tarefas (1 e 4) e no mesmo número de episodios (N=1) en cada unha. Do mesmo xeito, a operación *identificación de entidades problema* aparece nos grupos O/O' e T/T' nas tarefas 2 (N=4) e 3 (N=1). En canto ás operacións de tipo xeral, non existen pautas comúns entre os grupos. A operación *proposta de criterios* é a única que se identifica en todas as tarefas de todos os grupos, mais aparece con diferente frecuencia.

A continuación discútnense os resultados de cada operación de avaliación e ilústranse con exemplos dos pequenos grupos.

A operación *identificación de variables* (N=4) aparece nas tarefas 1 (N=1) e 4 (N=1) nos grupos O/O' e P/P'. Estes resultados son en parte coherentes co deseño das tarefas e as operacións que estas demandan, resumidas na táboa 6.1. Nesa táboa esta operación só se demanda nas tarefas 1, 4 e 5 e neste caso o alumnado destes dous grupos non reconece as variables da tarefa 5 (cor do rotulador, marca e tipo de letra). Mentres que o grupo T/T' non reconece variables en ningunha das tarefas. Un exemplo do grupo O/O' na tarefa 4 é o seguinte:

- 111 Olga: *Vaiche dar eso [o residuo sorpresa], bueno tanto non*
112 Olaia: *Pois o que temos que facer é coller distintas muestras e botarlle todo esto [reactivos]*
113 Ofelia: *Claro*
114 Olga: *Hai que dividilo en: un, dous, tres, catro, cinco, seis substancias*
115 Olaia: *Bueno [Olga] pois pódello poñer se queres*
116 Ofelia: *A ver oh! Veña!*
117 Olaia: *Escribo eu veña! Pero vós dictádeme*
118 Olga: *Pero non haberá antes que facer algo? Paréceme demasiado simple, e non pode ser tan simple*
119 Ofelia: *No. A ver, e que si nos dan un cacharro así non sabemos si ten... no iba a decir, mirarlle o pe ache de todo, que pe ache ten*
120 Olga: *Tamén podemos facer primeiro o pe ache e así despois descartamos. E así é máis fácil porque temos que utilizar menos cousas*
121 Olaia: *Se medimos o pe ache de todo...*

Neste fragmento o alumnado planifica como levar a cabo a investigación. Ao principio Olaia (112) non identifica variables, senón que propón realizar todas as reaccións que se indican no guión sen ter en conta que estas están agrupadas en función dos valores de pH da disolución. Ofelia (119) identifica a variable do pH, e Olga (120) propón averiguar primeiro o valor do pH da disolución para descartar algunhas reaccións que se dan como opcións no guión.

A operación *identificación de entidades problema* (N=10), aparece nos grupos O/O' e T/T' nas mesmas tarefas 2 (N=4) e 3 (N=1) e no mesmo número de episodios. Esta operación esperábase encontrar na fase de posta en práctica máis que na de deseño xa que implica levar a cabo accións para resolver as tarefas. Un exemplo do grupo O/O' na tarefa 2 é o seguinte:

- 542 Olga: *Olivia que é eso?*
543 Olivia: *Mira a ver se pinta e se pinta é grafito*
544 Ofelia: *Si, é grafito*

Neste fragmento o alumnado, xa no final da fase de planificación dos procesos de separación e identificación das substancias do pedido roto, emprega os seus propios criterios para averiguar a substancia que contén o recipiente b (polvo de cor gris escuro). Olivia (534) propón como criterio de identificación que a substancia se poda empregar para pintar nun folio para averiguar se se trata do grafito. Ofelia (544) leva a cabo a proba proposta por Olivia no turno anterior e conclúe que se trata do grafito.

En canto ás operacións de tipo xeral, a *proposta de criterios* (N=80) é a operación que aparece con máis frecuencia, identifícase en todas as tarefas e engloba propostas de medida de variables, e de clasificación e identificación de substancias. O grupo P/P' propón máis criterios na tarefa 3 (N=13), mentres que os grupos P/P' e T/T' na tarefa 2 (N=8 e N=9, respectivamente), aínda que son tarefas similares. Un exemplo do grupo T/T' na tarefa 2 é o seguinte:

118 Toño: *O ferro é o máis fácil de identificar*

119 Teresa: *Por?*

120 Toño: *Porque non se dissolve en auga e é conductor*

121 Teresa: *Eso é conductor?*

122 Toño: *Sí, é o único metal. “Os metais son insolubles en calquer disolvente”*

123 Teresa: *Sí que se disolven en mercurio*

124 Toño: *Pero en auga non*

125 Teresa: *Entonces o ferro...non se dissolve?*

126 Toño: *Disolver tería que disolverse, pero en auga non*

127 Teresa: *Entonces o ferro non se dissolve*

128 Toño: *Non se dissolve en auga e conduciría a electricidade*

129 Teresa: *O ferro conduce a electricidade*

130 Toño: *Ah e ten propiedades magnéticas, os metais pode que teñan propiedades magnéticas e o resto non teñen propiedades magnéticas*

Neste fragmento o alumnado discute como identificar o ferro, unha das substancias do pedido roto, empregando algunha información sobre as súas propiedades que se indican no guión. Toño (turnos 118 e 120) indica os criterios para identificar o ferro, en función da súa conductividade e a non solubilidade en auga. Este mesmo alumno, no turno 122 xustifica a súa proposta en base a información dada no guión de que os metais son insolubles en calquera disolvente, mais obvia que tamén se indica que son insolubles agás en mercurio. Outra alumna, Teresa (125) cuestiona a xustificación de Toño (122) empregando a

información completa sobre a solubilidade dos metais. A continuación Toño (128) acepta a corrección de Teresa (126) e puntualiza que o ferro non é soluble en auga, que é o disolvente que van empregar e no turno 130 este mesmo alumno propón outro criterio de identificación máis definitivo, as propiedades magnéticas.

A operación *identificación do obxectivo da tarefa* (N=23) aparece en catro das cinco tarefas no grupo O/O': na tarefa 1 (N=1), tarefa 2 (N=6) e tarefas 3 e 4 (N=1 en ambas). No grupo P/P' aparece en tres tarefas: tarefa 1 (N=1) e tarefas 2 e 3 (N=5 en ambas). E no grupo T/T' tamén aparece en tres tarefas, 1, 2 e 3 nun episodio en cada unha.

Un exemplo do grupo P/P' na tarefa 3:

139 Rosa: *“Elabora un diseño con los procesos necesarios para resolver el problema”*

140 Paula: *Claro, mirando propiedades*

141 Rosa: *No, os procesos necesarios para resolver o problema*

142 Paula: *Xa, pero primeiro que os procesos temos que mirar o que é*

143 Rosa: *Pero eso xa o sabemos, xa o pon aí [no guión]*

144 Paula: *Xa, pero hai que saber que é cada material. As substancias que pode chegar a haber. Se están aí miramos unha das maneiras de sacalas*

Neste fragmento o alumnado discute sobre o obxectivo da tarefa, en realidade dous obxectivos: 1) identificar as substancias contaminantes presentes na mostra de auga de río e 2) en base ás substancias identificadas seleccionar as fábricas responsables da contaminación da auga. Neste fragmento discute sobre o obxectivo 1. Rosa (139) selecciona a información do guión correspondente a unha das tarefas a realizar como obxectivo, a elaboración do deseño experimental ou planificación, e Paula (140) propón como resolver o problema. Rosa (141) insiste en que teñen que elaborar o deseño cos procesos para resolver o problema, e dicir, os procesos de identificación das substancias contaminantes, mais Paula (142, 144) incide en que antes de elaborar os procesos de identificación teñen que saber que substancias pode haber na mostra.

A operación *clasificación* (N=37) identifícase nos tres grupos nas tarefas 2, 3 e 5, sendo a tarefa 2 na que máis episodios se identifican nos tres grupos, debido a que é unha das actividades que o alumnado ten que realizar previa á

planificación da investigación. No grupo O/O' identifícanse dez episodios na tarefa 2, seis na tarefa 3 e catro na tarefa 5. No grupo P/P' identifícanse cinco episodios na tarefa 2, catro na 3 e tres na 5. E no grupo T/T' aparecen tres episodios na tarefa 2, e un nas tarefas 3 e 5. Un exemplo para o grupo O/O' na tarefa 2 é o seguinte:

180 Ofelia: *A ver oh! Vamos a esto!*

181 Olga : *A ver, unha molécula ache dos o... sabemos que o metal cal é?*

182 Olivia: *O ferro*

183 Olga: *Pois apunta [no papel de resultados]. Vamos a ir pouco a pouco vale?*

184 Ofelia: *Molécula*

185 Olga: *A ver, para, molécula, eso o teño aquí [nos apuntes]*

186 Ofelia: *Unha molécula é a unión de dous átomos, por exemplo: ache dous o*

187 Olga: *Pero por que sólo é de dous?*

188 Ofelia: *Bueno, de dous ou máis. Para min por exemplo, sería molécula a sacarosa e o cloruro de sodio*

189 Olaia: *Por exemplo, porque a ver...*

190 Ofelia: *É a formación de elementos de átomos: carbono, hidrógeno máis oxígeno formará unha molécula e sodio máis cloro formará outra molécula, en cambio no ferro por exemplo*

191 Olga: *E ións o xofre?*

192 Ofelia: *E?*

193 Olga: *A ver, para para*

194 Ofelia: *Si, e agora?*

195 Olga: *Átomos en rede e ións*

196 Ofelia: *Ións ten carga, pérdea pero ten carga*

197 Olga: *O xofre*

198 Ofelia: *E que para min... pero unha cousa, para min poderían ter carga tanto o xofre en po como o grafito en po. Si facemos a cousas esta das rayitas...*

Neste fragmento o alumnado clasifica as substancias do pedido roto nos grupos descritos no guión, é dicir, en función da súa natureza: substancias metálicas, formadas por ións, por moléculas ou por átomos en rede. Esta clasificación é necesaria para poder planificar a investigación, xa que os criterios de identificación das substancias (solubilidade, conductividade e propiedades magnéticas) proporciónanse en función da súa natureza. Así Olga (181) emprega a molécula de auga como exemplo para clasificar as substancias formadas por moléculas. Olivia (182) clasifica o ferro como a substancia metálica. Ofelia (186) emprega os seus apuntes de clase para clasificar as substancias formadas por moléculas e pon o exemplo da auga igual que Olga (181). Ofelia (188,190) detalla

maís a información sobre as moléculas ante as dúbidas de Olga (187) de que as moléculas só estean formadas por dous átomos. Olga (191) pregunta sobre as substancias formadas por ións, e suxire o xofre. Ofelia (196) explica como son as substancias formadas por ións (teñen carga e pérdena na formación da molécula). Olga propón o xofre como substancia iónica e Ofelia propón o xofre e o grafito, mais como dubida propón comprobalo a través do debuxo dos niveis de enerxía do átomo, que identifican como “cousa esa das rayitas”.

A operación *avaliación de produtos ou propostas* (N=14), nesta fase identifícase nos grupos O/O' nas tarefas 1 (N=3), 2 (N=1), 3 (N=1) e 5 (N=7) e P/P' na tarefa 2 (N=1). Un exemplo correspondente ao grupo O/O' na tarefa 3 é o seguinte:

203 Olaia: *Entonces o mellor de aí é o primeiro [cromatograma] que nos enseñaches non?*

204 Profesor: *Bueno, no está mal. Este azul lo separa bien, pero este no muy bien porque lo acumula ahí arriba*

205 Ofelia: *Que me estades dicindo, que collamos un polar ao cincuenta por cen? E cal eliges dos tres?*

206 Olaia: *Pois probas*

207 Ofelia: *Por qué un medio polar?*

208 Profesor: *Mira, este lo separa bastante bien porque no llega hasta arriba de todo*

209 Olga: *Ese é o que hai que buscar. Hai que facer xusto o do medio entre polar é apolar*

210 Olaia: *Si e cal é?*

211 Ofelia: *Que xusto do medio? Ou hai polar ou hai apolar, e despois dentro dos polares hai medios: do cincuenta por cento, tal*

212 Olaia: *Eu creo que é a [opción] de, dame a min, porque a auga é moi polar e o etanol é menos polar que a auga*

213 Ofelia: *Non sei porque o [a opción] e tamén, é hexano non polar e auga polar, cincuenta por cen tamén*

214 Olaia: *Se pon dúas [opcións] de auga será porque hai que escoller unha de auga*

215 Ofelia: *Vale, apolar non se separan ben e polares...*

216 Olga: *Sepárase de máis*

217 Ofelia: *O sea que non se separa con ningún ou como é a cousa?*

218 Olga: *Claro, por eso hai que coller un punto medio onde haxa polar e apolar*

Neste fragmento o alumnado discute sobre o disolvente a empregar como eluínte na cromatografía. Avalían a separación de distintos cromatogramas de

rotuladores feitos con diferentes disolventes que o profesor lles amosa (turnos 204 e 208) para que vexan o efecto da polaridade do disolvente na separación dos compoñentes da tinta. O alumnado nos turnos sucesivos apela aos exemplos amosados e á información sobre o efecto da maior ou menor polaridade na separación de substancias que se proporciona no guión para elixir o mellor disolvente.

A operación *lexitimación* (N=5) aparece nos grupos O/O' (N=4) e P/P' (N=1). No primeiro grupo aparece nas tarefas 1 (N=2) e 2 (N=2), no segundo unicamente na tarefa 1 (N=1). Un exemplo do grupo O/O' na tarefa 1 é o seguinte:

65 Olaia: *Pero ímolo facer?* [o experimento]

66 Olga: *Sí*

67 Olaia: *Seguro?*

Este fragmento correspóndese co inicio da fase de planificación, na que as alumnas despois da introdución á tarefa do profesor- na que explica a actividade e a simulación do proceso das caries- dubidan de se van ser capaces de realizar a actividade. Olaia (65) pregunta se van poñer en práctica a investigación, xa que é a primeira vez que se enfrontan á resolución deste tipo de actividades nas que teñen que planificar e se preguntan se son capaces de levala a cabo. Olga (66) responde a Olaia que si e esta no turno 67 volve preguntar, expresando a súa dúbida. Esta operación considérase como unha das prácticas epistémicas propostas por Kelly (2008a). Kelly define estas prácticas como producir, avaliar, comunicar e lexitimar enunciados de coñecemento, aínda que despois distribúe os procesos nas tres primeiras operacións. Consideramos que a lexitimación (ou non) do seu propio desempeño como produtores de coñecemento é parte dos procesos de avaliación. Consideramos a lexitimación como unha operación metacognitiva mais que cognitiva porque versa sobre a propia cognición do alumnado, e non sobre aspectos materiais do problema. Como veremos na posta en práctica, a súa concepción sobre se están lexitimados ou non para este tipo de actividades cambia ao longo dos dous anos.

6.4.4 Operacións de avaliación de coñecemento: posta en práctica da investigación

Nesta fase, as operacións de avaliación do coñecemento que o alumnado leva a cabo son seis, todas de tipo *xeral* (interpretación de resultados, establecemento de conclusións, uso de criterios, identificación de entidades problema, avaliación de propostas ou produtos, e clasificación). Os episodios correspondentes a cada operación para cada grupo resúmense na táboa 6.7.

Operación	GO/O'					GP/P'					GT/T'				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Interpretación de resultados	3	2	1	6	7	3	1	2	5	1	1	-	3	2	7
Establecemento de conclusións	1	4	1	1	1	1	3	-	2	3	1	5	1	1	1
Uso de criterios	5	3	6	3	1	1	-	3	1	-	1	5	3	2	-
Identificación de entidades problema	-	-	10	-	1	-	6	14	7	-	-	7	12	2	1
Avaliación de propostas ou produtos	4	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	4
Clasificación	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Lexitimación	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Táboa 6.7 Operacións de avaliación de coñecemento durante a posta en práctica. Lenda: GO/O': grupo O; GP/P': grupo P; GT/T': grupo T; T1: tarefa 1; T2: tarefa 2; T3: tarefa 3; T4: tarefa 4; T5: tarefa 5.

Os resultados resumidos na táboa 6.7 indican que non hai ningunha operación de avaliación de coñecemento que apareza en todos os grupos e tarefas. As operacións que aparecen en máis tarefas son a *interpretación de resultados* e o *establecemento de conclusións* que aparecen en todas no grupo O/O' e en catro das cinco tarefas (grupos P/P' e T/T'). O *uso de criterios* tamén é frecuente, aparecendo nas cinco tarefas no grupo O/O', en tres no grupo P/P' e en catro no grupo T/T'. A *identificación de entidades problema* aparece en menor número de tarefas mais con elevada frecuencia en cada unha debido a que coincide coa solución ao problema na tarefa 2 ou con parte da solución nas tarefas 3, 4 e 5. O resto de operacións son menos frecuentes, así a *avaliación de propostas ou produtos*, identifícase nas tarefas 1 (grupos O/O' e P/P') e 5 (grupos P/P' e T/T'). Mentres que a *clasificación* só se identifica no grupo P/P' na tarefa 3.

A continuación discútnense os resultados de cada operación de avaliación e ilústranse con exemplos dos pequenos grupos.

A operación *interpretación de resultados* (N=44), identifícase en 19 episodios no grupo O/O' dos cales tres teñen lugar na tarefa 1, dous na 2, un na 3, seis na 4 e sete na 5. Algúns episodios desta categoría correspóndense con operacións relativas á interpretación de datos anómalos que se detalla no capítulo 8. No grupo P/P' identifícanse un total de 13 episodios dos cales tres ocorren na tarefa 1, un na tarefa 2, dous na tarefa 3, cinco na tarefa 4 e un na tarefa 5. No grupo T/T' ao igual que no grupo P/P' identifícanse 13 episodios en total, dos cales un aparece na tarefa 1, tres na tarefa 3, dous na tarefa 4 e 7 na tarefa 5. Un exemplo desta operación correspondente ao grupo P/P' na tarefa 5 é o seguinte:

329 Pedro: *Eh ese [cromatograma] da ben, é así!*

330 Uxío: *Dios! Este xa nada! E este ten pinta pero nada*

331 Pedro: *A min paréceseme!*

332 Uxío: *Bueno ten o rosa!*

333 Investigadora: *E vós [Uxío e Pedro] que, teredes conta do que vai pasando non?*

334 Uxío: *Si, este pode ser pero aínda lle falta e ese nada*

335 Rosa: *Ese [cromatograma] subiu moito non?*

336 Uxío: *Mira este, está todo guapo eh! Parecen llamas!*

337 Paula: *Vedes como se parece?*

338 Uxío: *No, en nada*

339 Pedro: *Este está subindo pero non arrastra máis*

340 Paula: *E se este [cromatograma] chega ao lápiz [borde superior]? Ao [rotulador de marca] Jovi*

341 Rosa: *Ai mira este xa subiu*

342 Pedro: *Ah e mira ese!*

343 Rosa: *É este o [rotulador de marca] Staedler*

344 Paula: *Si parécese moito*

Neste fragmento o alumnado observa o desprazamento dos compoñentes da tinta de varios rotuladores e interpreta os resultados obtidos na cromatografía para identificar ao sospeitoso de escribir o anónimo. Para interpretar os resultados precisan comparar a separación dos compoñentes da tinta de cada rotulador co cromatograma de referencia realizado a unha parte do anónimo. Pedro (329, 331) identifica un cromatograma que pode coincidir co sospeitoso. Uxío (330) descarta outro cromatograma. Rosa (341, 343) identifica outro cromatograma que pode ser

o do rotulador sospeitoso (de marca Staedler) e Paula (344) coincide con Rosa indicando que se parece moito ao cromatograma de referencia.

A operación *establecemento de conclusións* (N=26) esperábase encontrar en todas as tarefas xa que se corresponde coa resposta aos problemas formulados, mais no grupo P/P' na tarefa 3 non se identifica. Isto débese a que esta tarefa, igual que o resto de tarefas do segundo ano do estudo, implica que o alumnado identifique primeiro as entidades problema e que empregue esa información xunto con outra proporcionada no guión para establecer a conclusión da tarefa. Así o grupo P/P' identifica as entidades problema mais non establece a conclusión. Como se observa na táboa 6.6. na tarefa 2 para os grupos O/O' e T/T' aparecen máis episodios relativos a esta operación, isto débese a que a solución ao problema (conclusión) é identificar os elementos do pedido que son cinco substancias, por tanto cada identificación implica un episodio de establecemento de conclusións. Así no grupo O/O' aparecen 8 episodios, un nas tarefas 1, 3, 4 e 5 e catro na tarefa 2. No grupo P/P' identifícanse 9 episodios, un na tarefa 1, tres nas tarefas 2 e 5 e dous na tarefa 4. No grupo T/T' identifícanse 9 episodios, un nas tarefas 1, 3, 4 e 5 e cinco na tarefa 2. Un exemplo para o grupo O/O' na tarefa 3 é o seguinte:

892 Olaia: *A conclusión é que son estas tres [fábricas]*

893 Ofelia: *Si, espera. Era a pirotecnia estelar porque ten compostos de azufre*

894 Olaia: *Las responsables son:*

895 Ofelia: *Pirotecnia estelar, porque tiene compuestos de azufre, Salazones Martínez porque contiene sal y mármoles Pancho porque contiene mármol*

896 Olaia: *En que pruebas nos basamos para chegar a ello?*

897 Ofelia: *Nas anteriores, claro e que ahora xa tocou [o timbre], senón eu son de poñer respuestas longas eh!*

Neste fragmento o alumnado, despois de identificar as substancias contaminantes presentes na mostra de auga do río, utiliza esa información xunto coa proporcionada no guión sobre as materias primas que emprega cada fábrica para elaborar os seus produtos para averiguar cal ou cales contaminan o río. Olaia (892) indica que as responsables da contaminación son tres fábricas e Ofelia (893, 895) indica o nome das fábricas e xustifica a súa decisión en base aos ás substancias que empregan na fabricación dos seus produtos.

En canto á operación *uso de criterios* (N=33), a pesar de que esperabamos que aparecese en todas as tarefas, non existe unha pauta clara. No grupo O/O' identifícanse 18 episodios en total, dos cales cinco aparecen na tarefa 1, tres nas tarefas 2 e 4, seis na tarefa 2 e un na 5. No grupo P/P' identifícanse 5 episodios en total, un nas tarefas 1 e 4, e tres na tarefa 3. No grupo T/T' identifícanse 11 episodios, 1 na tarefa 1, 5 na 2, 3 na 3 e 2 na 4. Un exemplo do grupo T/T' na tarefa 2 é o seguinte:

402 Profesor: *E agora o outro, o outro que pode ser?*

403 Teresa: *Grafito ou ferro*

40 Profesor: *Grafito ou ferro. E como diferenciades se é grafito ou ferro?*

405 Teresa: *Se conducen*

40 Profesor: *Conducen os dous*

407 Toño: *Co imán*

408 Profesor: *Co imán é máis fácil, a ver proba co imán*

409 Teresa: *No, no*

Neste fragmento o alumnado, coa axuda do profesor, está identificando as substancias do pedido roto, en particular a substancia do recipiente b, é dicir un pó de cor gris escuro. Esta substancia como indica Teresa (403) só pode ser ou grafito ou ferro e propón empregar como criterio de identificación a medida da conductividade eléctrica (turno 405), mais como lle indica o profesor no turno seguinte non é un criterio definitivo xa que ambas substancias presentan conductividade. Toño (407) suxire empregar o imán e Teresa (409) comproba que a substancia do recipiente b non ten propiedades magnéticas.

A operación *identificación de entidades problema* (N=60) aparece en todos os grupos mais non en todas as tarefas. A maior frecuencia para todos os grupos dase na tarefa 3, xa que teñen que identificar substancias para seleccionar as fábricas responsables da contaminación provocada polas substancias identificadas na auga do río. No grupo O/O' recoñecese en 11 episodios, dos cales dez ocorren na tarefa 3 e un na tarefa 5. No grupo P/P' identifícanse 27 episodios en total, seis na tarefa 2, 14 na 3 e sete na 4. No grupo T/T' teñen lugar 22 episodios, sete na tarefa 2, 12 na 3, dous na 4 e un na 5. Un exemplo do grupo P/P' na tarefa 4 é o seguinte:

269 Paula: *Ah, cuando se añade nitrato de plata se forma un precipitado blanco. Ten AgCl*
270 Rosa: *Desprende gas?*
271 Paula: *Si*
272 Rosa: *Eh! Desprende gas!*
273 Profesor: *Eh?*
274 Rosa: *Si, ten aquilo non ves?*
275 Profesor: *Eso é porque tiña merda o tubo*
276 Rosa: *Ah! Entonces non desprende gas*
277 Paula: *Hai ache ce ele [HCl], na disolución, nesto [residuo sorpresa]*
278 Pedro: *O que home!*
279 Paula: *Si porque mira, esto ao engadirlle nitrato de plata da precipitado blanco [o precipitado que obteñen é amarelo claro].*

Neste fragmento o alumnado trata de identificar a composición do residuo que quedou olvidado no laboratorio sen etiquetar. Para iso teñen que empregar a información tipo marcha analítica detallada no guión. Paula (269) identifica o residuo como cloruro de prata (AgCl) porque observa a formación dun precipitado branco, mais o cloruro de prata é o reactivo a utilizar, non o resultado. Rosa (270) interpreta que o residuo desprende gas como consecuencia de engadir cloruro de prata. mais non é a reacción que se propón no guión para indicativa do desprendemento de gas. O profesor (275) acláralles que a burbulla que observaron na reacción co cloruro de prata é porque o tubo estaba sucio (contaminado con outra substancia que podería reaccionar co cloruro). Paula (277) identifica que o residuo é ácido clorhídrico e xustifícao en base a que observa a formación dun precipitado branco (turno 279) mais en realidade o que está observando é un precipitado amarelo, indicativo de que o residuo é ioduro de potasio. A alumna interpreta que é de cor branco porque non é o tipo de amarelo intenso que esperaba.

En canto á operación *avaliación* de propostas ou produtos (N=11), aparece só en dúas tarefas, en particular identifícase no grupo O/O' na tarefa 1 (N=4), no grupo P/P' nas tarefas 1(N=1) e 5 (N=2) e no grupo T/T' na tarefa 5 (N=4). Un exemplo correspondente ao grupo T/T' é o seguinte:

297 Sara: *Este é pilot, ahora fáltnos cal? Mira alí [na táboa do guión]. A ver [Olga]? O voso volveuse rosa, o noso nin rosa se volveu eh! O noso volveuse amarillo*

298 Olga: *Bueno, este foi o que primeiro puxemos, estase volvendo rosa e por este lado un pouco naranja*

299 Sara: *Teresa, este [segundo cromatograma] non funciona*

300 Teresa: *Vale, espera!*

301 Sara: *Mira Rosa, ese é igual que o noso pero do revés! Quedoulles ao revés que o meu maestro!*

Neste fragmento o alumnado durante a interpretación dos resultados obtidos na cromatografía da tinta dos rotuladores sospeitosos de escribir o anónimo, avalía os resultados do grupo O/O' e compáraos cos que levan feitos eles até o momento. Sara (297) compara as cores dun dos seus cromatogramas (amarelo) con outro do grupo O (rosa). A continuación esta mesma alumna avalía a separación de cores doutro cromatograma do grupo O/O' e compárao con outro dos seus indicando que a separación de cores do grupo O/O' é a inversa á unha das que realizaron no seu grupo.

En canto á operación de *clasificación* (N=1), identifícanse só un episodio no grupo P/P' na tarefa 3. Esta operación non esperabamos que aparecese nesta fase senón só na de planificación, xa que era unha das operacións previas ao deseño da investigación nas tarefas 2 e 3. O exemplo do grupo P/P' detállase a continuación:

317 Profesor: *A ver, dicíndeme o aspecto que tiña a mostra. Que tiña? Por arriba...*

318 Rosa: *Por arriba tiña estas cousiñas amarillas, como espuma, que é o sulfato ese máis a manteca*

319 Profesor: *Non sabes o que é. Unha substancia de estado físico sólido, líquido ou gas?*

320 Rosa: *E...*

321 Paula: *Sólido. No, é unha mezcla entre sólido e líquido no?*

322 Profesor: *A ver, aspecto que tiña esta substancia [xofre en pó], a ver: sólido, líquido ou gas?*

323 Paula: *Entre sólida e líquida. Non era de todo sólida nin era de todo líquida, estaba como espuma*

324 Rosa: *Era como un flan*

325 Uxío: *É líquida, ten unha espuma suspendida*

326 Profesor: *Eso é sólido como unha casa*

327 Rosa: *Vale, pois sólido*

328 Profesor: *Claro, sólido, é un sólido. Eso un líquido? Non, un líquido flúe.*

329 Paula: *Claro, por eso dixen entre sólido e líquido*

330 Profesor: *Dentro de sólido que é? É un sólido de unha única peza? É un gran groso? Tipo area fina? Polvo? Como é?*

331 Rosa: *Polvo*

332 Profesor: *Entón é sólido en polvo, vale? Dacordo?*

Este fragmento correspóndese co inicio da posta en práctica da planificación da tarefa 3. En primeiro lugar o profesor (317) pídelles que describan o aspecto da mostra de auga de río. Esta pregunta e outras que se formulan en turnos posteriores dan pé á aparición desta operación de clasificación nesta fase, xa que de non ser por el o alumnado non a realizaría. O alumnado clasifícaa en función do estado de agregación, así Paula (321) indica que a mostra de auga é unha mestura entre sólida e líquida. A continuación o profesor (322) pregúntalle sobre o estado de agregación dun sólido amarelo (xofre en pó) presente na mostra de auga. O alumnado nos turnos sucesivos discute sobre a clasificación dese sólido, ao final Rosa (327) indica que é un sólido e no turno 331 matiza que é pó.

A operación lexitimación (N=1) identifícase só no grupo O/O' nun episodio da tarefa 2 que se resume a continuación.

712 Investigadora: *Esto [os electrodos] hai que secalo e limpalo que está sucio*

713 Ofelia: *E que en física e química hai que ser todo moi profesional, verdade? E que un gramo xa che cambia a vida enteira*

714 Investigadora: *E un miligramo tamén*

715 Ofelia: *Cun miligramo xa podes matar a unha vaca, cun miligramo, depende o que lle metas na comida*

Neste fragmento as alumnas, despois engadir auga aos sólidos mesturados no pedido roto e filtrar a mostra, pretende medir a conductividade do filtrado para comprobar se hai cloruro de sodio. Para iso deciden empregar os electrodos conectados a un circuío eléctrico usados previamente para identificar outras substancias como o grafito, mais a investigadora advértelle que teñen que limpalos porque están sucios. Entón Ofelia (713 e 715) fai referencia á precisión e “profesionalidade” que se necesita en física e química e á necesidade de empregar as cantidades exactas que se precisan en cada proceso. Este exemplo de lexitimación mostra a evolución na realización desta operación, xa que se o comparamos episodio da planificación da tarefa 1 do mesmo grupo, analizado no apartado 6.4.3, as alumnas pasan de dudar se van realizar elas a investigación porque non están habituadas a facelo, a apropiarse de características propias do

traballo científico e da comunidade profesional de referencia que antes descoñecían, como a necesidade de precisión.

6.4.5 Operacións de comunicación de coñecemento: planificación da investigación

Na práctica de comunicación de coñecemento para esta fase identificamos 5 operacións, dúas de tipo *específico* (discusión e redacción de propostas de deseño) e tres de tipo *xeral* (pregunta/resposta de clarificación, búsqueda de consenso e tradución entre linguaxes). Os resultados correspondentes a cada pequeno grupo resúmense na táboa 6.8.

Operación	GO/O'					GP/P'					GT/T'				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
I Discusión de propostas de deseño	-	1	-	2	-	1	2	-	1	-	1	2	1	1	1
I Redacción da proposta de deseño	2	1	1	3	1	-	2	-	1	-	-	1	1	-	1
Pregunta/resposta de clarificación	3	3	3	3	3	5	7	6	-	4	2	1	3	-	2
X Tradución entre linguaxes	-	-	1	-	-	1	1	1	1	1	-	1	-	-	-
Búsqueda de consenso	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-

Táboa 6.8 Operacións de comunicación de coñecemento durante a planificación.
Lenda: I: operacións de tipo específico; X: operacións de tipo xeral; GO/O': grupo O; GP/P': grupo P; GT/T': grupo T; T1: tarefa 1; T2: tarefa 2; T3: tarefa 3; T4: tarefa 4; T5: tarefa 5.

Os resultados da táboa 6.8 non permiten identificar pautas entre os grupos e tarefas. Ningua das operacións de comunicación de coñecemento se identifica en todos os grupos e tarefas. As dúas operacións de tipo específico aparecen con frecuencia similar: *discusión de propostas de deseño* (N=13) e *redacción da proposta de deseño* (N=14). Dentro das de tipo xeral a operación *pregunta/resposta de clarificación* é a máis frecuente (N=45). As dúas restantes, tradución entre linguaxes (N=7) e búsqueda de consenso (N=3) son menos frecuentes e aparecen en menos grupos.

A continuación discútnense os resultados de cada operación epistémica e ilústranse con exemplos dos pequenos grupos.

A operación *discusión de propostas de deseño*, identifícase no grupo O/O' en tres episodios, na tarefa 2 e na tarefa 4. No grupo P/P' aparece en catro episodios, nas tarefas 1, 2 e 4. E no grupo T/T' ten lugar en seis episodios en todas as tarefas. Un exemplo para o grupo O/O' na tarefa 4 é o seguinte:

203 Olga: *Primeiro miramos o pH*

204 Profesor: *Primeiro mirades o pH*

205 Olga: *Claro*

206 Profesor: *Pero como, donde mirades o pH?*

207 Olga: *No couso* [vaso de precipitados que contén a mostra]

208 Profesor: *Esto, bueno habrá que repartilo entre os tres grupos, entón tócalvos un cacho.*

209 Olga: *Si*

210 Profesor: *Entón, do cacho que vos toca que facedes con el?*

211 Ofelia: *Mirámoslle o pH*

212 Profesor: *Metédeslle aí a tira* [de papel indicador]?

213 Ofelia: *Si*

214 Profesor: *Tal e como está posto aí* [no deseño redactado no papel]

215 Olaia: *Bueno, o de poñerlle a tira non* [o escribimos], *pero* [puxemos que] *miramos o pH que ven sendo o mesmo*

216 Profesor: *Mirades o pH*

217 Olga: *E despois según si sea neutro, básico ou ácido vamos descartando*

218 Profesor: *Entón si é neutro, está escrito aí?*

219 Olga: *No*

222 Olaia: *Cuando sepamos el pH ya sabemos si es una base, ácido o neutro*

22 Profesor: *Bien, y entonces?*

222 Olaia: *Según lo que sea miramos con que reacciona y sabremos lo que es según el estado y el color.*

Neste fragmento as alumnas discuten a proposta de deseño elaborada para identificar a composición do residuo sorpresa co profesor. O profesor a través de preguntas abertas consegue que propoñan un deseño detallando o procedemento, xa que nun principio é moi xenérico. Neste fragmento o profesor intenta que as alumnas aprendan a expresarse nun rexistro científico específico para o contexto de laboratorio.

En canto á *redacción da proposta de deseño*, a pesar de que non aparecen episodios orais para todos os grupos en todas as tarefas, si existen producións escritas en todos os casos (non analizadas nesta tese). Non todos os grupos explican de forma oral o que van escribindo, por iso non sempre se identifica esta

operación nas gravacións de audio. Un dos exemplos de audio do grupo O/O' na tarefa 1 é o seguinte:

- 245 Olaia: *Catro cachos de cuncha...* [escribe no guión da actividade]
246 Olga: *A ver, hai que apuntar todo*
247 Ofelia: *Pois xa podes dicir porque senón olvídomos*
248 Olaia: *Catro anacos de cuncha, pon dous e dous iguais* [entre si]
249 Olivia: *De cero...*
250 Olga: *Que queremos, tres....*
251 Olivia: *Catro tubos de ensaio*
252 Profesor: *A ver, isto é un anaco de cuncha de ameixa que hasta ten un pouco de forma de dente, verdade? Isto teno a investigadora, ten moitísimos. Só tedes que pedirlle: quero catro, quero tres....*
253 Ofelia: *A cantidade de ácido? Primeiro collemos un dente, o sea unha cuncha e outra cuncha coa mesma cantidá. Unha cunha crema e outra coa outra.*
254 Olivia: *E os mililitros?*
255 Olaia: *Tes que pór catro [anacos de cuncha], dous e dous teñen que ser iguais.*

Neste fragmento o alumnado redacta a parte do deseño correspondente ao material que precisan empregar para averiguar cal é a pasta de dentes menos efectiva na prevención da caries. Ofelia é a que escribe, Olaia (245) indica que hai que elixir catro anacos de cuncha, no turno 248 precisa a proposta anterior indicando que teñen que ser iguais dous a dous, co que controla a variable masa de cuncha. Olivia (251) corrixe a Ofelia indicando que precisan catro tubos de ensaio e no turno 254 pregunta polos mililitros de ácido que precisan aínda que non recibe contestación.

A operación *pregunta/resposta de clarificación* (N=45) aparece en todas as tarefas no grupo O/O', e en catro de cinco nos grupos P/P' e T/T' (tarefas 1, 2, 3 e 5 en ambos casos). Dentro desta operación existen preguntas encamiñadas á clarificación de procedementos científicos, propiedades das substancias, obtención de materiais ou conceptos científicos como reacción química, molécula ou polaridade. No grupo O/O' identifícase o mesmo número de episodios en todas as tarefas (N=3). No grupo P/P' aparecen cinco episodios na tarefa 1, sete na tarefa 2, seis na tarefa 3 e 4 na tarefa 5. E no grupo T/T' identifícanse dous episodios nas tarefas 1 e 5, un episodio na tarefa 2 e tres na tarefa 3. Un exemplo do grupo T/T' na tarefa 5 detállase a continuación:

152b Teresa: *E eso de que [a separación de compoñentes] vaia máis rápido ou vaia máis lento que ten que ver?*

153 Profesor: *Mira, temos aquí uns números asociados a la polaridad, vale? Para el hexano dicen [valor] casi nulo, para el etanol uno setenta y para el agua uno ochenta y tres*

154 Sara: *Un é máis polar que outro*

155 Teresa: *Pero eso non ten nada que ver, o que importa é o resultado. Para que queres ver si vai rápido ou non?*

156 Sara: *Porque canto máis rápido disólvese [descomponse] mellor e si non os dissolve ben pode arrastrar e poñer solo un color*

157 Teresa: *Entonces como ten que ser?*

158 Sara: *Ten que ser algo intermedio, eu penso que este [mestura etanol-auga] ou este [mestura hexano-auga]. Esta vai ser media e esta vai ser rápida.*

Neste caso o alumnado está intentando seleccionar o mellor disolvente para a cromatografía, one mellor significa aquel que permita obter a mellor separación dos compoñentes da tinta no menor tempo posible. Teresa (152b) pregunta ao profesor sobre a causa da rapidez da separación de compoñentes da tinta no cromatograma. O profesor (153) responde facendo referencia a diferentes valores de polaridade dos disolventes hexano, etanol e auga. Teresa (155) segue sen ver a relación entre a polaridade e a velocidade de separación e Sara (156) explícalle cos súas palabras o efecto da polaridade no resultado do cromatograma e a no turno 158 propón seleccionar un disolvente de polaridade intermedia.

A operación *tradución entre linguaxes* (N=7) aparece no grupo O/O' nun episodio na tarefa 3, no grupo P/P' aparece en todas as tarefas nun episodio en cada unha e no grupo T/T' só se identifica un episodio na tarefa 2. Un exemplo correspondente ao grupo P/P' na tarefa 5 é o seguinte:

152 Paula: *E despois sería pillar cinco mililitros [volumen de eluente para a cromatografía]*

153 Rosa: *Entonces collemos dous con cinco e dous con cinco, cero vinte cinco para que dean cinco mililitros*

154 Paula: *Cero veinte cinco? Sería dous con cinco!*

155 Rosa: *Dous con cinco mililitros*

156 Paula: *Dous coma cinco*

157 Pedro: *O que?*

158 Paula: *Cinco mililitros dividido entre dous é dous coma cinco*

159 Rosa: *Como se escribe mililitros?*

160 Paula: *Eme ele*

161 Rosa: *Eme ele? Iba poñer eme eme ele*

162 Pedro: *Eme eme ele, a min sóname de algo eso*

Neste fragmento o alumnado decide o volume de disolvente a utilizar para realizar a cromatografía da tinta dos rotuladores sospeitosos de escribir o anónimo. Paula (152) propón utilizar cinco mililitros. A continuación Rosa (153) indica como preparar a mestura de disolventes que van utilizar (hexano-etanol ao 50%, reproducido en turnos anteriores), sinalando que deben coller 2,5 mililitros de cada. A tradución entre linguaxes, verbal (mililitros) e simbólica (mL), aparece no turno seguinte, cando Rosa (159) pregunta como se escribe mililitros e Paula (160) lle responde.

A operación *búsqueda de consenso* (N=3) identifícase nos grupos O/O' e P/P'. No grupo O/O' aparece en dous episodios, un na tarefa 1 e outro na tarefa 4. No grupo P/P' aparece só nun episodio na tarefa 4. Un exemplo do grupo O/O' na tarefa 1 é o seguinte:

78 Ofelia: *Podías medir o tempo que tarda ou cando empeza a producir o gas ou a gastar* [a cuncha]

79 Olaia: *Ou canto tempo lle leva tamén*

80 Ofelia: *Sería outra maneira de facer o que dixeches ti.*

81 Olaia: *Vós creedes que isto é así?*

82 Olga: *Sí*

O alumnado discute como medir a eficacia das pastas de dentes e busca o consenso sobre a proposta de medida. Ofelia (78) propón medir o tempo que tarda a reacción entre a cuncha e o ácido en empezar a producir ou o tempo que tarda en empezar a deteriorarse a cuncha. Olaia (79) engade a opción de medir o tempo que tarda en deteriorarse a cuncha. Ofelia (80) acepta a proposta de Olaia xa que se trata doutra forma de averiguar o mesmo que ela propuxo no turno anterior. A continuación Olaia (81) busca o consenso entre o grupo obtendo a aprobación de Olga (82). Esta operación enmárcase na idea do suxeito epistémico colectivo de Kelly (2008).

6.4.6 Operacións de comunicación de coñecemento: posta en práctica da investigación

Nesta fase, as operacións de avaliación do coñecemento que o alumnado leva a cabo son 4, todas de tipo *xeral* (discusión de resultados, redacción de resultados,

pregunta/resposta de clarificación e tradución entre linguaxes). Os episodios correspondentes a cada operación para cada grupo resúmense na táboa 6.9.

Operación	Posta en práctica														
	GO/O'					GP/P'					GT/T'				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Pregunta/resposta de clarificación	2	-	-	3	-	10	7	21	10	5	1	1	3	3	6
Discusión de resultados	-	-	1	-	-	2	1	1	5	3	-	-	2	-	-
Redacción de resultados*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	1
Tradución entre linguaxes	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-

Táboa 6.9 Operacións de comunicación de coñecemento durante a posta en práctica.

Lenda: GO/O': grupo O; GP/P': grupo P; GT/T': grupo T; T1: tarefa 1; T2: tarefa 2; T3: tarefa 3; T4: tarefa 4; T5: tarefa 5.

Os resultados resumidos na táboa 6.9. indican que non hai ningunha operación de comunicación de coñecemento que apareza en todos os grupos e tarefas. A operación *pregunta/resposta de clarificación* é a que aparece nun maior número de grupos e tarefas (no grupo O/O' en dúas das cinco tarefas; no grupo P/P' en todas e no grupo T/T' en todas). A operación *discusión de resultados* aparece tamén nun número elevado de tarefas (no grupo O/O' nunha; no grupo P/P' en todas; e no grupo T/T' nunha tarefa). En canto á *redacción de resultados*, ao igual que sucedía coa na planificación coa redacción da proposta de deseño, non se identifica nas producións orais de todos os grupos mais si nas producións escritas. Nas producións orais só se identifica no grupo T/T' en tres tarefas. Por último, a operación *tradución entre linguaxes* aparece nos tres grupos mais só nunha tarefa por grupo.

A continuación discútnense os resultados de cada operación epistémica e ilústranse con exemplos dos pequenos grupos.

A operación *pregunta/resposta de clarificación* (N=69) aparece no grupo O/O' en cinco episodios (dous na tarefa 1 e tres na tarefa 4), no grupo P/P' en 53 episodios (dez nas tarefas 1 e 4, sete na tarefa 2, 21 na tarefa 3 e cinco na tarefa 5) e no grupo T/T' identifícanse 14 episodios (un nas tarefas 1 e 2, tres nas tarefas 3 e 4 e seis na tarefa 5). Un exemplo do grupo P/P' na tarefa 3 é o seguinte:

- 607 Rosa: *Si, o ácido clorhídrico foi o que lle botamos para saber si era mármol. E aquí que queda?*
- 608 Profesor: *No fondo? Ah aí [no filtro] non, aí non sei que tes. E que non sei que tes ti aí*
- 609 Paula: *Ácido clorhídrico e había mármore*
- 610 Profesor: *Si había ácido clorhídrico e mármore eses reaccionan. Entón o que queda é o que non era ácido clorhídrico, perdón o que non era mármore*
- 611 Pedro: *O sea o que non reacciona con ácido*
- 612 Profesor: *Efectivamente*
- 613 Rosa: *E con que reacciona?*
- 614 Profesor: *Supostamente foi o que se disolvía no sulfuro de carbono*
- 615 Rosa: *Ah, o sea manteca, sulfuro de carbono e...*
- 616 Profesor: *O sulfuro de carbono non o hai, eso dincho eu*
- 617 Rosa: *Si, e logo o carbono máis o azufre que fan?*
- 618 Profesor: *Así como están non fan nada, para formar sulfuro de carbono hai que poner máis cousas*
- 619 Paula: *Ah, vale!*
- 620 Profesor: *O sulfuro de carbono é un disolvente que usamos para ver se dissolve substancias apolares*
- 621 Paula: *E como sabemos se hai carbón ou compuestos de azufre?*
- 622 Profesor: *O carbon ten unha característica para identificalo que é a cor*
- 623 Rosa: *Negro, non hai.*

Neste fragmento o alumnado formula varias preguntas ao profesor sobre a identificación e reactividade das substancias da mostra de auga. Este nos turnos 608, 610 e 614 axúdalles coa identificación das substancias que lle quedan na mostra de auga despois de identificar o mármore. Ademais no turno 616 acláralles que o sulfuro de carbono non é un dos posibles contaminantes da mostra (é un disolvente de substancias apolares, en particular do xofre). Rosa (617) pregúntalle sobre a reactividade do xofre e do carbono e o profesor (618) explícalle que non reaccionan entre sí. A continuación Paula (621) pregunta sobre o criterio para identificar a presenza carbón vexetal na mostra de auga, o profesor (622) indícalle o criterio (a cor) e en base isto Rosa (623) observa que non hai carbón na mostra.

A operación *discusión de resultados* (N=15) aparece no grupo O/O' na tarefa 3 (un episodio), no grupo P/P' en todas as tarefas (dous episodios na tarefa 1, un episodio nas tarefas 2 e 3, cinco episodios na tarefa 4 e tres episodios na tarefa 5) e no grupo T/T' aparece só na tarefa 3 (dous episodios). Un exemplo do grupo P/P' na tarefa 1 é o seguinte:

- 491 Profesor: *Tedes... acabáchedes os tres [experimentos]?*

492 Pedro: *Sí*

493 Profesor: *Eh...obtivéchedes valores distintos?*

493 Pedro: *Sí*

495 Profesor: *Que vos da?*

496 Paula: *Douscentos cuarenta [segundos] equis*

497 Pedro: *Pero o sin tratar metémolo máis, no metémolo [o globo no tubo de ensaio] menos que os outros. E dounos que era mellor lavar os dentes con auga que con pasta*

498 Profesor: *Ben, anotade eso [na folla de resultados]*

Neste fragmento, relativo á identificación da pasta de dentes menos efectiva contra a caries, o alumnado discute co profesor os resultados obtidos nas medidas do tempo que tarda en levantarse os globos colocados nos tubos de ensaio nos que se produce o desprendemento de gas como consecuencia da reacción entre as cunchas tratadas con cada pasta de dentes e o ácido clorhídrico. O profesor (493,495) pregunta se obtiveron valores diferentes en cada proba e os valores obtidos. Paula (496) indica o tempo obtido na proba da cuncha lavada con pasta x e Pedro (497) fai referencia a un fallo manipulativo que tiveron (colocar os globos a distinta altura nos tubos de ensaio) para xustificar os resultados obtidos: mellor lavar os dentes con auga que con pasta. A continuación o profesor (498) indica que escriban a xustificación de Pedro cos resultados.

A operación *redacción de resultados* (N=5) só se identifica nas producións orais do grupo T/T' (tres episodios na tarefa 3 e un nas tarefas 4 e 5). Como se menciona arriba, esta operación si se identifica nas producións escritas de todos os grupos en todas as tarefas. Un exemplo do grupo T/T' na tarefa 3 é o seguinte:

514 Sara: *Non hai [fariña na mostra] non. Ahora, non existen restos de cor negra por iso non hai carbón vexetal. Non me queda moito sitio [para escribir na folla] eh! A ver este si, o azufre haino, sal si...*

515 Teresa: *E carbono*

516 Sara: *Aí non*

517 Teresa: *Non se sabe, bueno si e hai mármol*

Neste fragmento os alumnado redacta os resultados obtidos na identificación dos contaminantes da mostra de auga de río. Nesta redacción indican os contaminantes que identificaron, por exemplo Sara (514) redacta o deseño e o resto do grupo díctalle as substancias que identificaron e as que non están presentes.

A operación *tradución entre linguaxes* (N=3) identifícase nos tres grupos nun episodio en cada un. No grupos O/O' e P/P' aparece na tarefa 4 e no grupo T/T' na tarefa 1. Un exemplo desta operación para o grupo O/O' na tarefa 4 é o seguinte:

407b Olga: *Poñemos todos os resultados no [apartado] dous? Veña pon que da neutro*

408 Ofelia: *Xa o puxen*

409 Olga: *Ah vale!*

410 Ofelia: *Como lle chamaban a estes?*

411 Olga: *Non sei*

412 Ofelia: *Como lle chaman a estes Olaia?*

413 Olaia: *Tubo de ensaio*

Neste fragmento a operación de tradución entre linguaxes aparece durante a redacción dos pasos levados a cabo para identificar a composición do residuo do laboratorio e consiste en identificar os nome dun material de laboratorio. Ofelia (410) pregunta como se chaman os recipientes onde fixeron as reaccións de identificación. Olga (411) non sabe responder e Olaia (413) indica que se chaman tubos de ensaio.

A continuación discútese os resultados máis relevantes dos grupos ao longo do estudo.

6.4.7 Comparación dos desempeños entre os grupos

Neste apartado examínanse os desempeños do alumnado ao longo do estudo en termos das operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento: a) comparación do conxunto de operacións entre grupos e tarefas; b) comparación de operacións entre a fase de planificación e a de posta en práctica; e c) comparación entre operacións de tipo específico e de tipo xeral. A discusión das pautas que emerxen do estudo realízase no último apartado do capítulo e complétase no capítulo 7 no que se abordan os desempeños correspondentes ás operacións proposta de deseño e posta en práctica do deseño.

Comparación do conxunto de operacións entre grupos e tarefas

Como conxunto de operacións referímonos á suma de operacións xerais e de tipo específico de cada categoría para cada pequeno grupo. O número total de episodios en cada categoría resúmese na táboa 6.10.

	GO/O'		GP/P'		GT/T'	
	N	%	N	%	N	%
Produción	130	41	113	35	94	42
Avaliación	150	48	108	33	91	40
Comunicación	34	11	102	32	40	18
Ntotal	314		323		225	

Táboa 6.10 Conxunto de operacións epistémicas ende cada pequeno grupo.

En termos xerais, existen diferenzas entre os grupos. O/O' e P/P' levan a cabo un número similar de operacións (314 e 323 respectivamente), mentres que T/T' realiza un número menor (225). O grupo O/O' é o que leva a cabo o maior número de operacións de produción (N=130) e avaliación (N=150) de coñecemento. Mentres que o grupo P/P' é o que leva a cabo un maior número de prácticas de comunicación de coñecemento (N=102). En canto á distribución entre prácticas nos grupos, no grupo O/O' predominan as de avaliación de coñecemento, representando o 48% do total. No grupo P/P' a distribución é similar entre as tres categorías, 35%, 33% e 32%. No grupo T/T' a distribución é similar entre prácticas de produción (42%) e avaliación (40%). Nos grupos O/O' e T/T' as porcentaxes relativas ás prácticas de comunicación de coñecemento son similares e representan o 11 e 18% do total respectivamente.

En canto ao conxunto de operacións identificadas en cata tarefa ao longo do estudo tamén se encontran diferenzas entre grupos. Os resultados para cada pequeno grupo resúmense a continuación.

As operacións epistémicas globais do grupo O/O' ao longo das cinco tarefas do estudo ilústranse na figura 6.2.

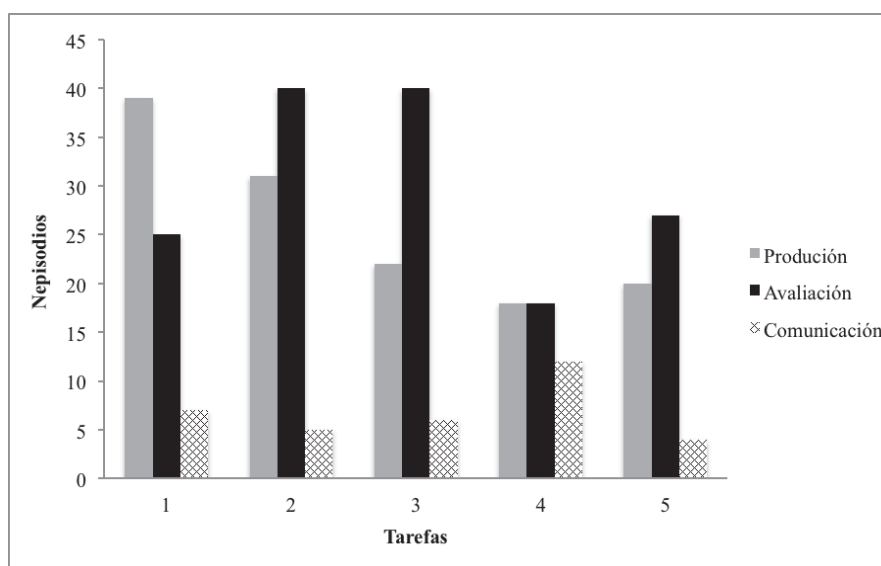


Figura 6.2 Conxunto de operacións epistémicas do grupo O/O' ao longo do estudo

Na figura 6.2 a distribución de operacións é diferente en cada tarefa. Na 1 predominan as de produción de coñecemento, nas tarefas 2, 3 e 5 predominan as de avaliación, e na 4 ambos tipos de operacións aparecen coa mesma frecuencia. En canto ás operacións de comunicación, aparecen con menos frecuencia que as outras ao longo de todo o de queestudo. Ademais obsérvase que a frecuencia de operacións é máis elevada nas primeiras tarefas (1 a 3) que nas do final.

Na figura 6.3 resúmense as operacións globais para o grupo P/P'.

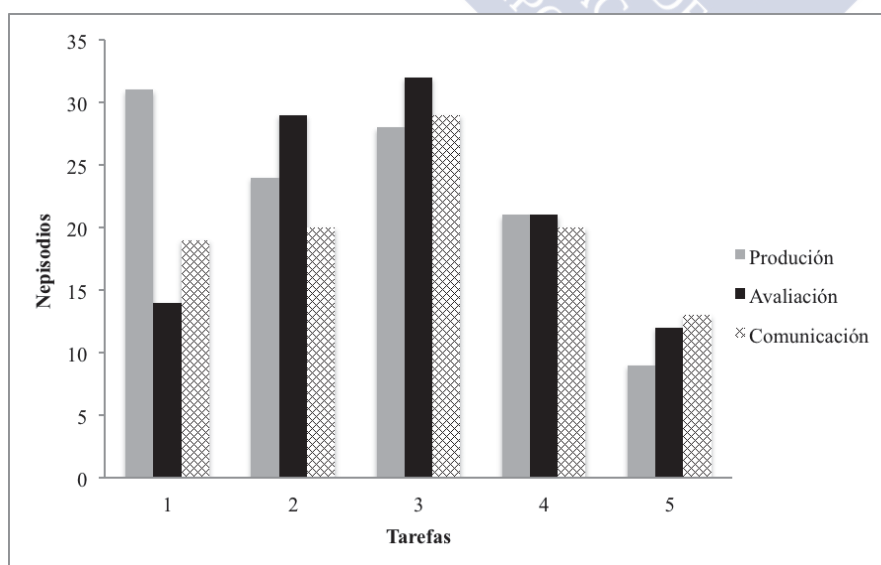


Figura 6.3 Conxunto de operacións epistémicas do grupo P/P' ao longo do estudo.

A principal característica do grupo P/P' diferenza está nas operacións de comunicación de coñecemento, que aparecen con maior frecuencia en todas as tarefas que nos grupos O/O' e T/T'. As operacións de produción de coñecemento predominan só na tarefa 1, e aparecen con menor (tarefas 2, 3 e 5) ou igual (tarefa 4) frecuencia que as de avaliación. Este grupo leva a cabo un maior número de operacións nas tarefas 2, 3 e 4 que nas do inicio e final (1 e 5).

Na figura 6.4 resúmense as operacións correspondentes ao grupo T/T'.

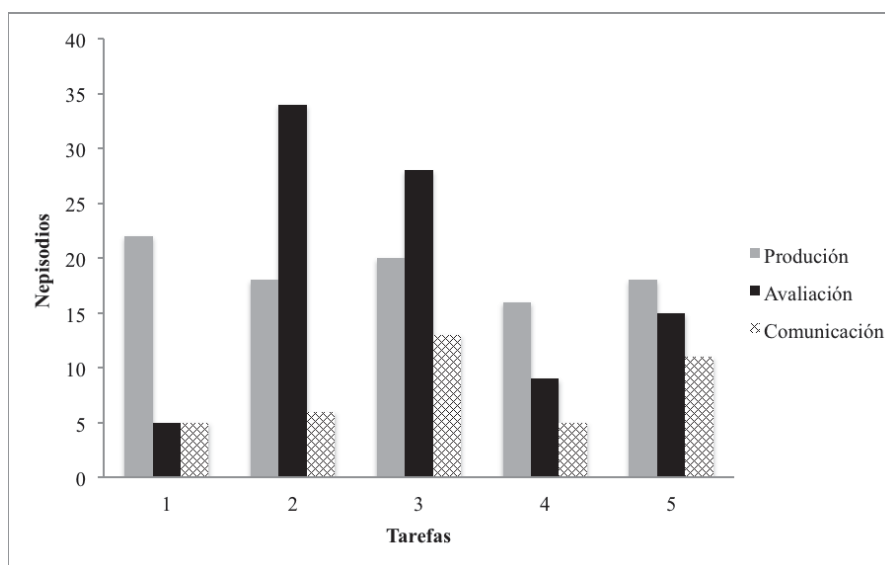


Figura 6.4 Conxunto de operacións epistémicas globais do grupo T/T' ao longo do estudo.

No grupo T/T' predominan as operacións de produción de coñecemento nas tarefas 1, 4 e 5 e as de avaliación nas tarefas 2 e 3. Ademais nestas dúas últimas a frecuencia de episodios é maior que no resto de tarefas.

Na comparación das operacións epistémicas correspondentes a cada categoría tamén se observan diferenzas entre os pequenos grupos. Na figura 6.5 representáanse os resultados correspondentes ás operacións de produción de coñecemento.

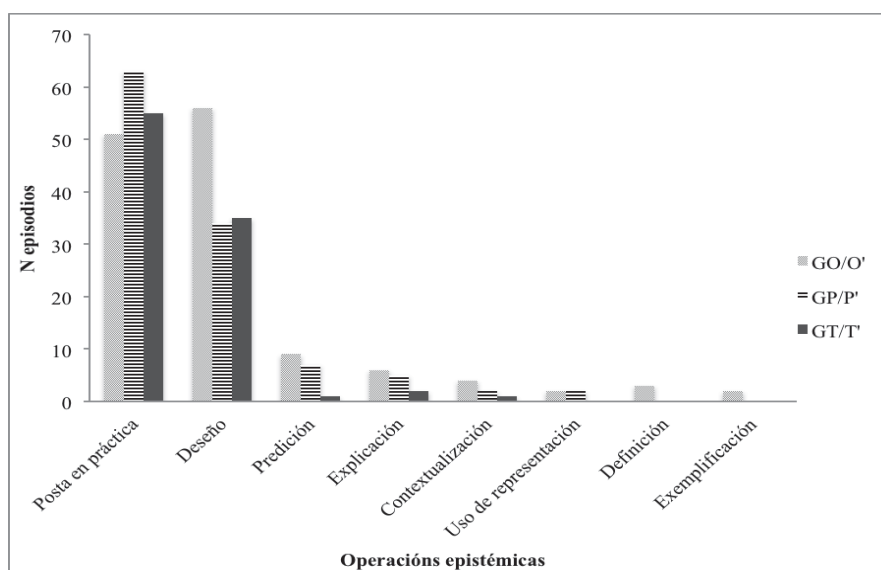


Figura 6.5 Operacións epistémicas de produción de coñecemento

Os resultados da figura 6.5 indican que dentro das operacións de produción existen dúas que teñen unha frecuenciai moito maior que o resto: a proposta de deseño, que é a de maior frecuencia no grupo O/O' e a posta en práctica, de maior frecuencia nos grupos P/P' e T/T'. Estas dúas operacións comprenden varios desempeños, que se discuten no capítulo 7, por iso aparecen en frecuencias superiores ao resto. Todas as demais aparecen con moi pouca frecuencia. No grupo O/O' identifícase un maior número de episodios para todas as operacións que en P/P' e T/T', excepto a posta en práctica que é máis frecuente no grupo P/P' e o uso de representación que aparece coa mesma frecuencia en ambos grupos. Ademais hai operacións como a definición e a exemplificación que só se identifican neste grupo O/O'. O grupo T/T' é o que menos operacións de produción de coñecemento realiza.

Na figura 6.6 resúmense os resultados correspondentes ás operacións de avaliación de coñecemento.

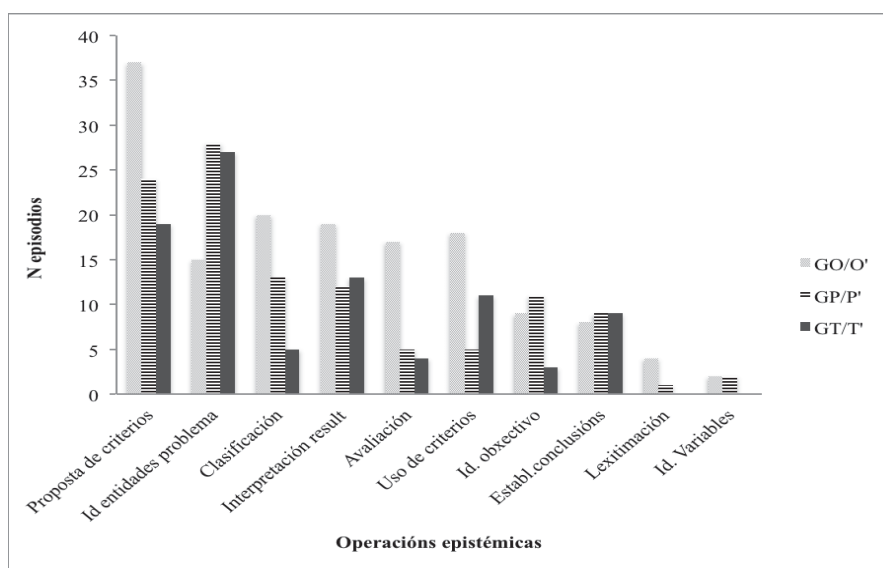


Figura 6.6 Operacións epistémicas de avaliación de coñecemento.

As operacións representadas na figura 6.6 indican que a distribución é máis homoxénea, as operacións de proposta de criterios e identificación de entidades problema son as que aparecen con maior frecuencia respectivamente no grupo O/O' e nos grupos P/P' e T/T'. Outras operacións como a clasificación, interpretación de resultados, avaliación e uso de criterios aparecen con maior frecuencia no grupo O/O' que no resto. E a lexitimación e identificación de variables só se identifican nos grupos O/O' e P/P'. Do mesmo xeito que para as operacións de produción comentadas arriba, o grupo T/T' é o que menos tipos de operacións leva a cabo e estas aparecen en menor frecuencia que nos outros grupos.

Na figura 6.7 resúmense as operacións de comunicación de coñecemento.

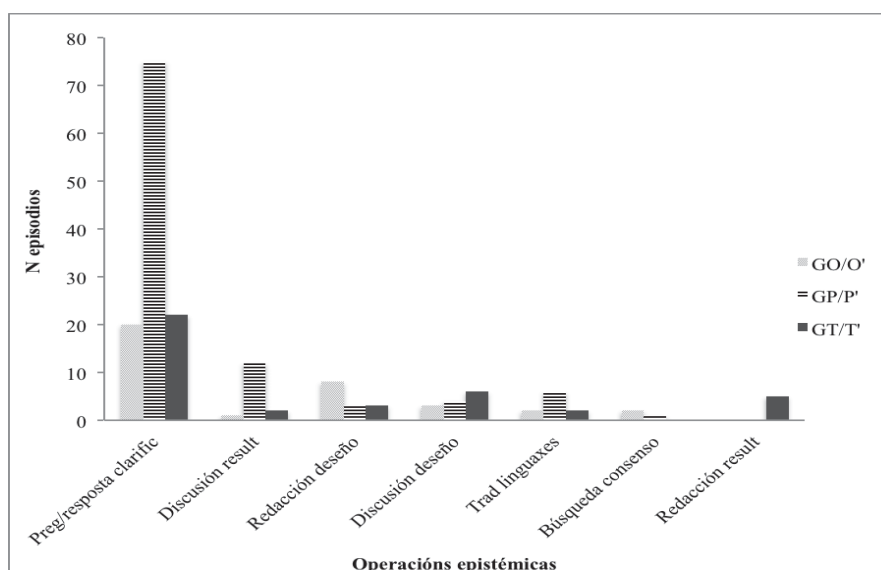


Figura 6.7 Operacións epistémicas de comunicación de coñecemento.

As operacións representadas na figura 6.7 indican diferenzas entre as frecuencias e os tipos de operacións que levan a cabo os pequenos grupos. A operación pregunta/resposta de clarificación é a que aparece con maior frecuencia nos tres grupos, en especial no grupo P/P' que aparece cunha frecuencia de casi catro veces máis que no resto. A diferenza dos casos anteriores, o grupo T/T' leva a cabo un maior número de operacións, algunhas como a discusión do deseño aparecen con frecuencias superiores ás do resto de grupos e outras como a redacción de resultados só se identifican nas producións orais deste pequeno grupo.

Comparación entre as operacións levadas a cabo durante planificación e as realizadas na posta en práctica

Examínanse as operacións correspondentes a cada categoría de prácticas epistémicas levadas a cabo por cada pequeno grupo durante as fases de planificación e posta en práctica, por unha banda discútense de forma xeral e por outra detallada para cada operación.

	GO/O'				GP/P'				GT/T'			
	Planif		Ppract		Planif		Ppract		Planif		Ppract	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Producción	27	19	58	46	45	35	68	35	37	42	57	41
Avaliación	90	62	60	48	51	39	57	30	32	37	59	43
Comunicación	27	19	7	6	34	26	67	35	18	21	22	16
Ntotal	144		125		130		192		87		138	

Táboa 6.11 Operacións xerais nas fases de planificación e posta en práctica.

Os resultados resumidos na táboa 6.11 indican diferenzas entre as prácticas empregadas en ambas fases por cada pequeno grupo. En xeral, o grupo O/O' leva a cabo máis operacións na fase de planificación que na de posta en práctica, mentres que os grupos P/P' e T/T' levan a cabo máis na fase de posta en práctica. En canto ás prácticas de *producción* de coñecemento, os grupos O/O' e P/P' levan a cabo máis operacións na fase de posta en práctica que na de planificación (o grupo O/O' o dobre de operacións e o grupo P/P' un tercio máis) mentres que no grupo T/T' ocorre o contrario. En canto ás prácticas de *avaliación* de coñecemento, o grupo O/O' leva a cabo un tercio máis na fase de planificación, e os grupos P/P' e T/T' realizan máis operacións na fase de posta en práctica. No grupo P/P' non existen grandes diferenzas entre fases (57 fronte a 51 episodios) mentres que no grupo T/T' a diferenza é maior (59 fronte a 32). E en canto ás prácticas de *comunicación* de coñecemento a pauta é a mesma que para as operacións de avaliación, o grupo O/O' leva a cabo máis na fase de planificación e os grupos P/P' e T/T' na fase de posta en práctica, sendo a diferenza entre fases case o dobre no grupo P/P'.

A distribución de operacións para cada categoría entre as fases é diferente entre grupos. No grupo O/O' predominan as operacións de avaliación na fase de planificación (representan o 62% do total), mentres que na posta en práctica as porcentaxes para as operacións de produción e avaliación son similares (46 e 48% respectivamente). No grupo P/P' as porcentaxes relativas ás operacións de produción e avaliación son similares en ambas fases (35 e 39% respectivamente na planificación e 35 e 30% na fase de posta en práctica). No grupo T/T' predominan as operacións de produción de coñecemento na fase de planificación

(47%) mentres que na fase de posta en práctica o reparto entre produción e avaliación é similar (41 e 43% respectivamente).

A continuación examínanse as operacións epistémicas en ambas fases divididas nas cinco tarefas que compoñen o estudo. Para cada pequeno grupo represéntanse os episodios correspondentes a cada grupo de prácticas (produción, avaliación e comunicación) en cada tarefa e divídense nas fases anteriormente descritas.

As operacións correspondentes ao grupo O/O' resúmense nas figuras 6.8 (planificación) e 6.9 (posta en práctica).

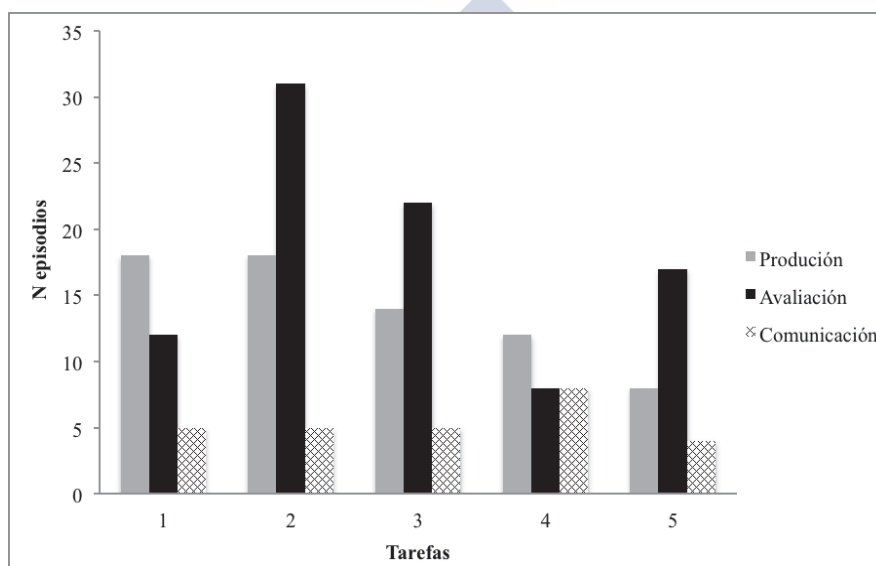


Figura 6.8 Operacións do grupo O/O' durante a fase de planificación.

Neste grupo O/O' durante a fase de planificación hai máis operacións de produción de coñecemento nas primeiras tarefas (1, 2 e 3) que nas últimas (4 e 5). En canto ás operacións de avaliación e comunicación non hai unha pauta clara. Nas tarefas 2, 3 e 5 predominan as operacións de avaliación. En canto ás de comunicación son minoritarias en todas as tarefas, excepto na tarefa 4 na que coinciden en frecuencia coas de avaliación.

Na figura 6.9 represéntanse as operacións levadas a cabo por este mesmo grupo O/O' durante a posta en práctica da investigación.

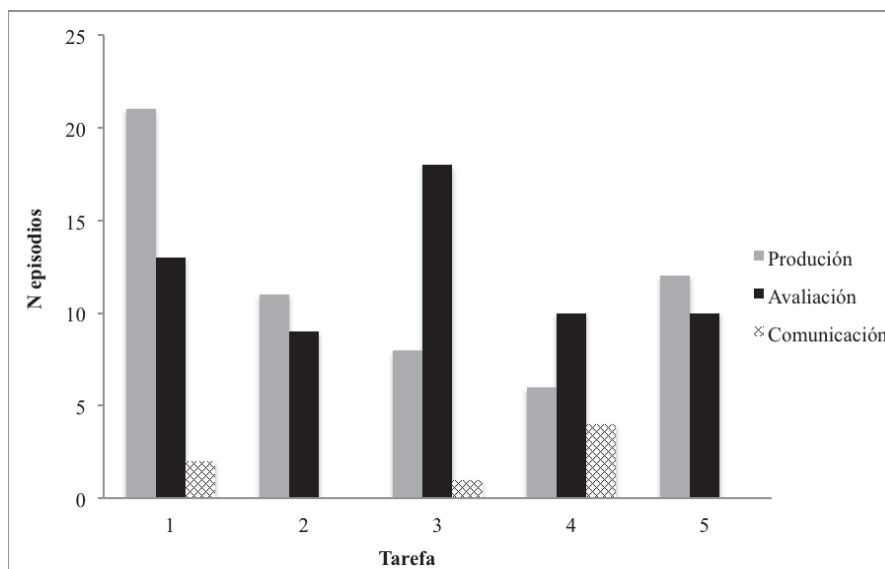


Figura 6.9 Operacións do grupo O/O' durante a fase de posta en práctica.

Na fase de posta en práctica, predominan as operacións de produción de coñecemento na primeira tarefa, as de avaliación repártense de forma máis equitativa entre as cinco tarefas e as de comunicación son escasas, aparecendo só nas tarefas 1, 3 e 4.

En canto ás diferenzas nas operacións entre ambas fases para este grupo, obsérvase que as operacións de produción de coñecemento identifícanse con maior frecuencia na posta en práctica que na planificación nas tarefas 1 e 5, mentres que nas tarefas 2, 3 e 4 a pauta é a contraria, aparecen máis na fase de deseño. As operacións de avaliación aparecen con maior frecuencia na fase de planificación que na de posta en práctica nas tarefas 2, 3 e 5 mentres que as tarefas 1 e 4 aparecen con maior frecuencia na fase de posta en práctica. En canto ás operacións de comunicación, aparecen con maior frecuencia na fase de deseño.

A continuación resúmense as operacións levadas a cabo polo grupo P/P' en ambas fases (figuras 6.10 e 6.11).

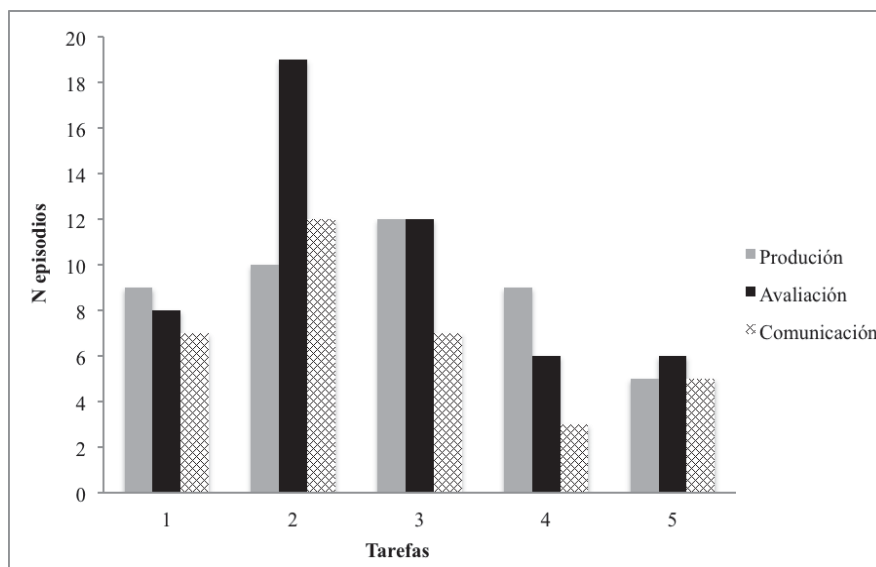


Figura 6.10 Operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento do grupo P/P' durante a fase de planificación.

Os resultados representados na figura 6.10. indican non hai unha pauta clara entre a distribución das operacións ao longo do estudo. Na tarefa 2 e en menor medida na 5 predominan as operacións de avaliación mentres que nas tarefas 1 e 4 as de produción, e na tarefa 3 coinciden en frecuencia as de produción e avaliación. En canto ás de comunicación son minoritarias en todas as tarefas, excepto na tarefa 2 que superan en frecuencia ás de produción.

Na figura 6.11 represéntanse as operacións levadas a cabo por este mesmo grupo durante a posta en práctica da investigación.

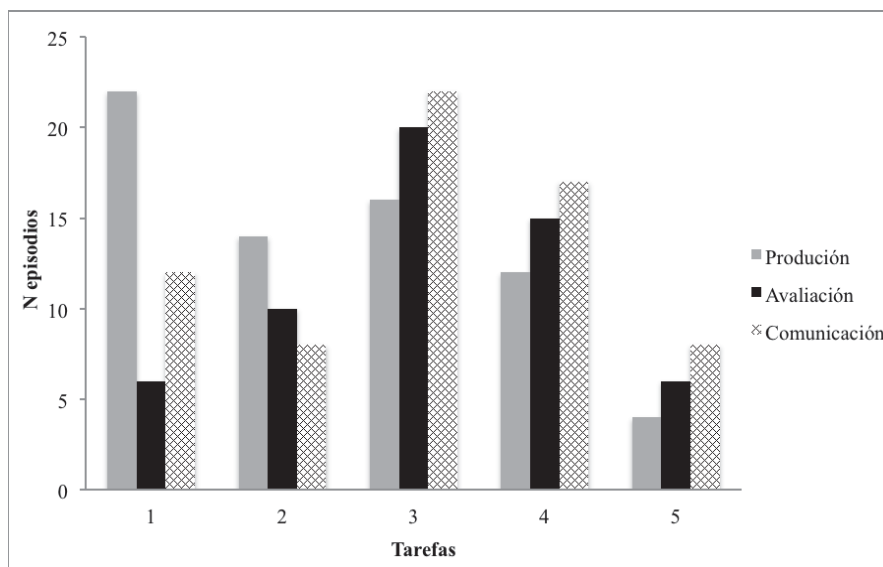


Figura 6.11 Operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento do grupo P/P' durante a fase de posta en práctica.

Na fase de posta en práctica identifícase maior frecuencia de operacións de produción de coñecemento nas primeiras tarefas (1,2 e 3) que nas últimas (4 e 5). Para as operacións de avaliación e comunicación non se observa unha pauta, mais aparecen con frecuencia elevada nas tarefas 3 e 4. Nas tarefas 1 e 2 predominan as operacións de produción, e nas tarefas 3, 4 e 5 predominan as de comunicación.

En canto ás diferenzas nas operacións entre ambas fases para este grupo, obsérvase que as operacións de produción de coñecemento identifícanse con maior frecuencia na posta en práctica que na planificación nas tarefas 1 a 4, mentres que na tarefa 5 aparecen máis na fase de deseño. As operacións de avaliación aparecen con maior frecuencia na fase de planificación que na de posta en práctica nas tarefas 1 e 2 mentres que as tarefas 3 e 4 aparecen con maior frecuencia na fase de posta en práctica e a tarefa 5 aparece en frecuencia similar en ambas fases. En canto ás operacións de comunicación, aparecen con maior frecuencia na fase de posta en práctica en todas as tarefas excepto na tarefa 2 que predomina na fase de planificación.

A continuación resúmense as operacións levadas a cabo polo grupo T/T' en ambas fases (figuras 6.12 e 6.13).

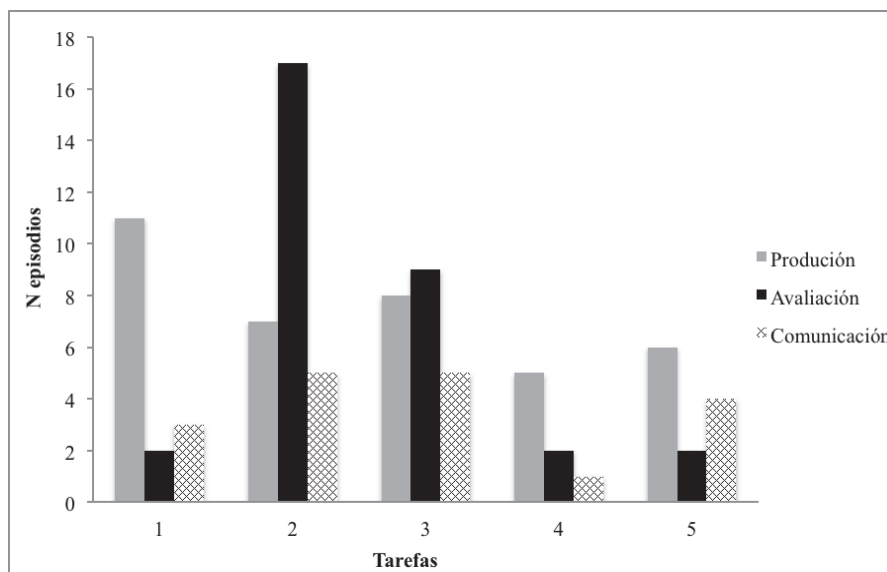


Figura 6.12 Operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento do grupo T/T' durante a fase de planificación.

Os resultados representados na figura 6.12 indican que hai máis operacións de produción de coñecemento ao principio (tarefas 1, 2 e 3) que ao final do estudo (tarefas 4 e 5). Nas operacións de avaliación e comunicación non se observa unha pauta clara. As operacións de produción aparecen con maior frecuencia que as outras nas tarefas 1, 4 e 5, mentres que nas tarefas 2 e 3 predominan as operacións de avaliación. En canto ás operacións de comunicación, non aparecen como maioritarias en ningunha tarefa.

Na figura 6.13 represéntanse as operacións levadas a cabo por este mesmo grupo durante fase de posta en práctica.

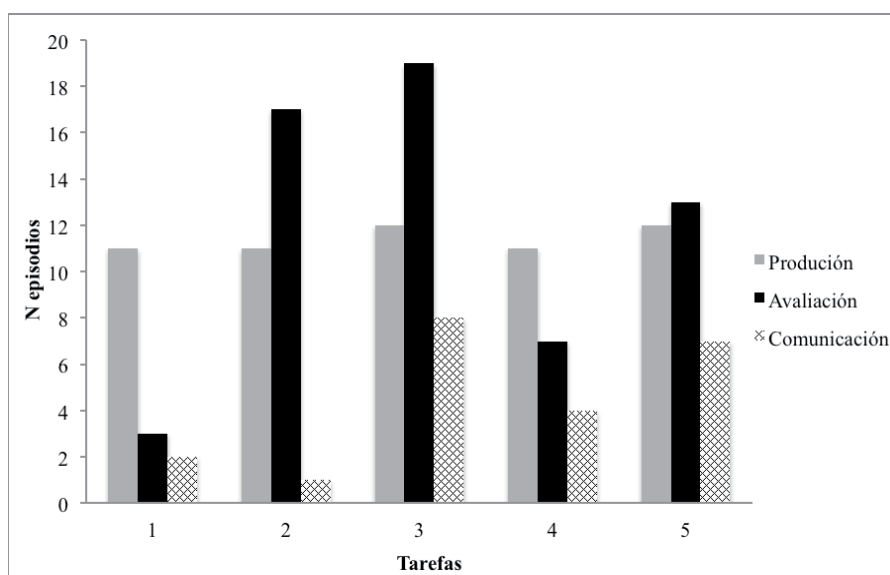


Figura 6.13 Operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento do grupo T/T' durante a fase de posta en práctica.

Os resultados resumidos na figura 6.13 indican que as operacións de produción de coñecemento son similares en frecuencia ao longo das cinco tarefas, mentres que nas operacións de avaliación e comunicación hai máis diferenzas. Nas de avaliación non hai unha pauta clara, mais as de comunicación aparecen con maior frecuencia nas tres últimas tarefas que nas dúas primeiras. As operacións de produción de coñecemento predominan sobre as outras nas tarefas 1 e 4, mentres que as operacións de avaliación son as maioritarias nas tarefas 2, 3 e 5.

En canto ás diferenzas entre ambas fases para este grupo, obsérvase que hai máis operacións de produción e avaliación de coñecemento na fase de posta en práctica que na de deseño, mentres que as de comunicación aparecen en frecuencias similares en ambas fases.

Comparación entre as operacións de tipo específico e as de tipo xeral

Examínanse as operacións de tipo específico e as de tipo xeral correspondentes a cada categoría de prácticas epistémicas levadas a cabo por cada pequeno grupo ao longo do estudo. Os resultados resúmense a continuación.

	<i>Tipo específico</i>						<i>Tipo xeral</i>					
	GO/O'		GP/P'		GT/T'		GO/O'		GP/P'		GT/T'	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Produción	105	85	97	91	90	86	25	13	16	7	4	3
Avaliación	7	6	2	2	5	5	143	75	106	50	86	71
Comunicación	11	9	7	7	9	9	23	12	94	43	31	26
Ntotal	123		106		104		191		216		121	

Táboa 6.12 Conxunto de operacións de tipo específico e xeral.

Os resultados resumidos na táboa 6.12 mostran que existen diferenzas entre os grupos. O/O' é o que leva a cabo maior frecuencia de operacións de tipo específico correspondentes ás tres categorías de prácticas (produción, avaliación e comunicación). En canto ás operacións de tipo xeral a distribución en episodios en cada grupo é diferente en función do grupo de prácticas. Así, o grupo O/O' realiza máis operacións de produción de coñecemento de tipo xeral (N=25) que os grupos P/P' e T/T' (N=16 e N=4 respectivamente). No caso das operacións de avaliación de coñecemento sucede o mesmo, no grupo O/O' (N=143) aparecen con maior frecuencia. En cambio, as operacións de comunicación de coñecemento identifícanse con maior frecuencia no grupo P/P' (N=94) que nos grupos O/O' (N=23) e T/T' (N=31).

En canto á distribución dos dous tipos de operacións nas categorías de prácticas, nas de tipo específico predominan as operacións de produción de coñecemento. Estas representan o 85% do total no grupo O/O', o 91% no grupo P/P' e o 86% no grupo T/T'. Nas operacións de tipo xeral existen diferenzas entre os grupos, predominando as operacións de avaliación nos grupos O/O' (75%) e T/T' (71%) mentres que no grupo P/P' hai un reparto similar entre operacións de avaliación (50%) e de comunicación (43%).

A continuación examínanse as operacións epistémicas de ambos tipos divididas nas cinco tarefas que compoñen o estudo. Para cada pequeno grupo represéntanse os episodios correspondentes a cada grupo de prácticas (produción, avaliación e comunicación) para cada tipo de operación (xeral e específico).

As operacións levadas a cabo polo grupo O/O' represéntanse nas figuras 6.14 e 6.15.

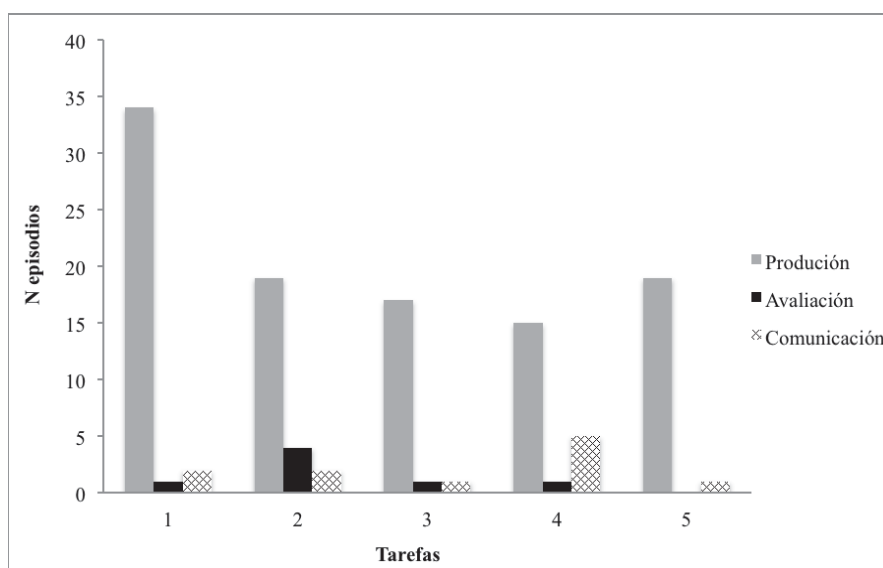


Figura 6.14 Operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento de tipo específico do grupo O/O'.

Os resultados representados na figura 6.14 indican que as operacións de produción de coñecemento de tipo específico predominan sobre as outras ao longo das cinco tarefas, identificando a frecuencia de episodios máis elevada na tarefa 1, no resto de tarefas obsérvanse resultados similares. As operacións de avaliación e comunicación aparecen con frecuencias moito menores ou non aparecen, como as operacións de avaliación na tarefa 5.

A continuación resúmense os resultados relativos ás operacións de tipo xeral para o grupo O/O' (figura 6.15).

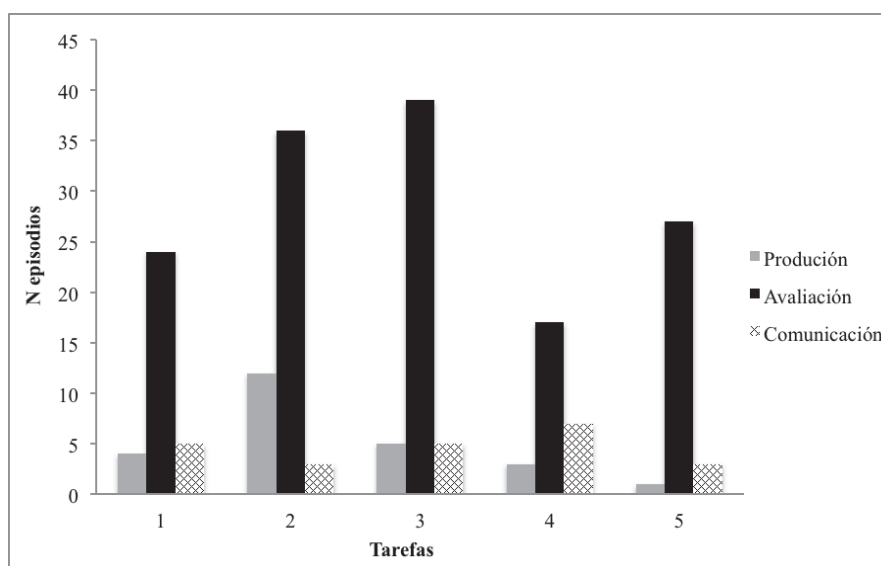


Figura 6.15 Operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento de tipo xeral do grupo O/O'.

Os resultados representados na figura 6.15 apuntan diferenzas entre as categorías de prácticas. Neste caso predominan as operacións de avaliación de coñecemento ao longo do estudo, identificando as frecuencias máis elevadas nas tarefas 2 e 3.

As operacións de tipo específico e xeral levadas a cabo polo grupo P/P' resúmenase a continuación (figuras 6.16 e 6.17).

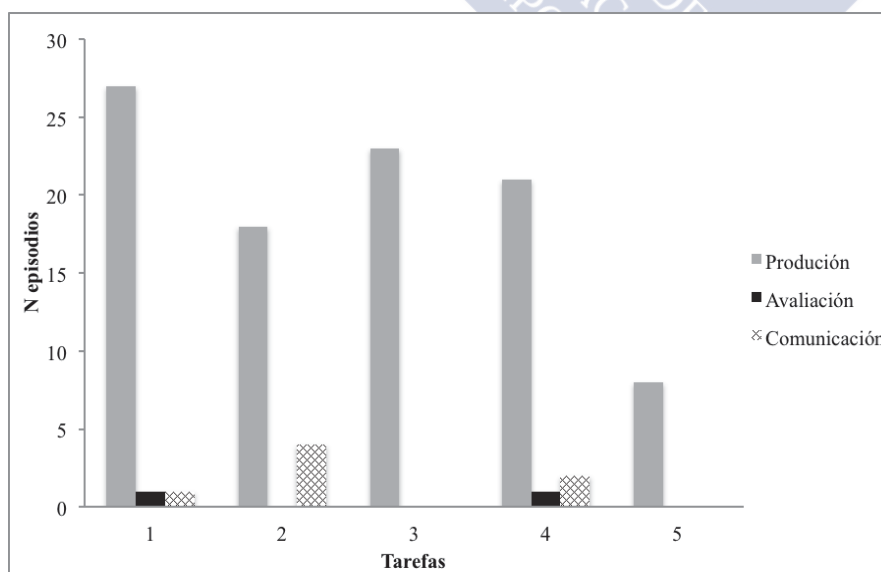


Figura 6.16 Operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento de tipo específico do grupo P/P'.

Dos resultados resumidos na figura 6.16 obsérvase a mesma pauta que no grupo O/O', nas operacións de tipo específico predomina a produción de coñecemento ao longo de todas as tarefas. En canto ás operacións de avaliación, só se identifican nas tarefas 1 e 4 con frecuencias moi baixas. E as operacións de comunicación aparecen nas tarefas 1, 2 e 4 con frecuencias similares ás de avaliación ou lixeiramente superiores.

A continuación represéntanse as operacións de tipo xeral levadas a cabo polo grupo P/P' (figura 6.17).

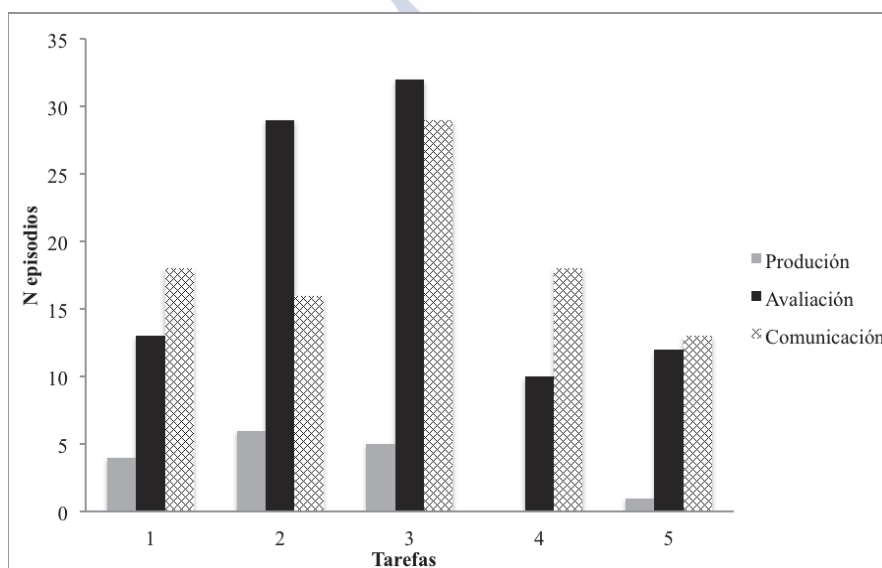


Figura 6.17 Operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento de tipo xeral do grupo P/P'.

Dos resultados representados na figura 6.17, obsérvase que predominan as operacións de avaliación e comunicación de coñecemento. As de avaliación predominan nas tarefas 2 e 3 e as de comunicación nas tarefas 1, 4 e 5. Estas operacións aparecen con maior frecuencia na tarefa 2.

As operacións de tipo específico e xeral levadas a cabo polo grupo P/P' resúmense a continuación (figuras 6.18 e 6.19).

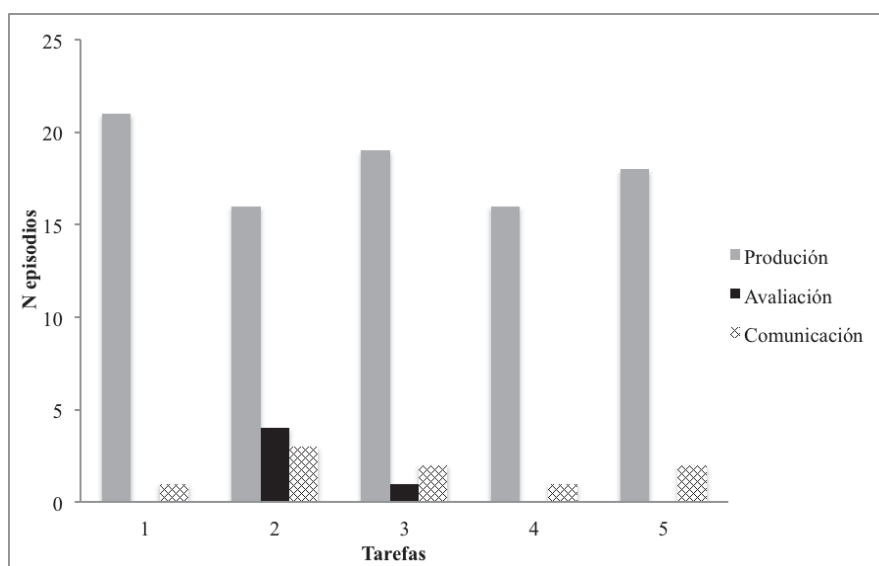


Figura 6.18 Operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento de tipo específico do grupo T/T'.

Os resultados resumidos na figura 6.18 indican as operacións de tipo específico que predominan no grupo T/T' son as de produción de coñecemento, ao igual que nos outros grupos, neste caso aparecen con frecuencias similares ao longo de todas as tarefas. As operacións de comunicación de coñecemento aparecen en todos os grupos aínda que con frecuencias moi baixas, e as operacións de avaliación só se identifican nas tarefas 2 e 3 tamén con frecuencias moi baixas.

A continuación represéntanse as operacións de tipo xeral levadas a cabo polo grupo T/T' (figura 6.19).

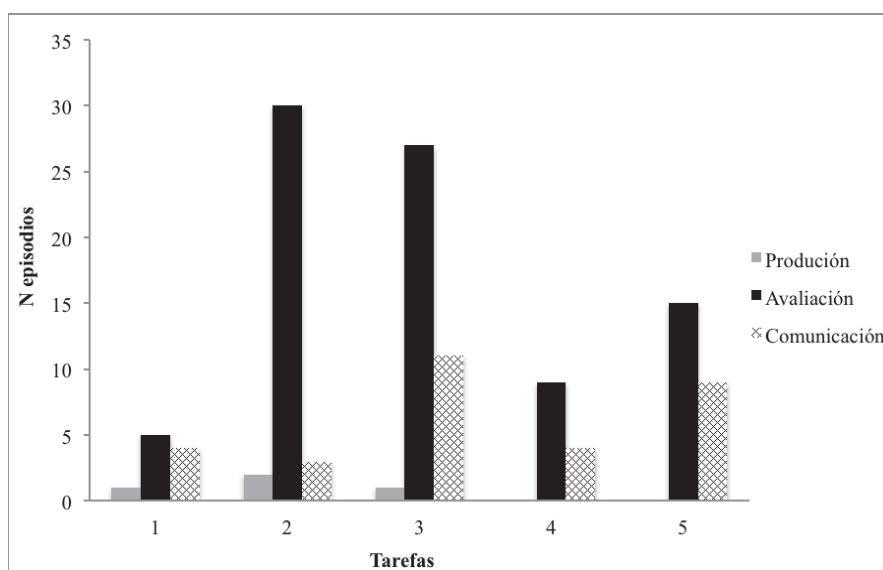


Figura 6.19 Operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento de tipo xeral do grupo T/T'.

Os resultados resumidos na figura 6.19 indican que as operacións de tipo xeral que predominan son as de avaliación de coñecemento, identificándose as frecuencias máis elevadas nas tarefas 2 e 3. As operacións de comunicación de coñecemento tamén se identifican en todas as tarefas, mais con frecuencias menores que as das operacións de avaliación. E as operacións de produción só se identifican nas primeiras tarefas do estudo (1, 2, e 3) con frecuencias moito menores.

6.5. Discusión de resultados e conclusións parciais

Neste capítulo examínanse as operacións epistémicas que o alumnado leva a cabo ao longo das cinco tarefas do estudo. Esta análise responde ao primeiro obxectivo da tese *“Examinar o desenvolvemento da competencia científica a través da participación do alumnado nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións e análise e interpretación de datos ao longo do estudo lonxitudinal de indagación no laboratorio” e en particular coa pregunta de investigación “Que tipo de operacións epistémicas levan a cabo os estudantes durante a participación nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións?”*.

O estudo enmárcase na consideración da epistemoloxía como unha práctica social (Kelly, McDonald & Wickman, 2012) o que implica: a) que a aprendizaxe ten lugar cando o alumnado participa nas prácticas epistémicas de forma contextualizada (Duschl, 2008; Kelly 2008a), neste caso todas as tarefas de laboratorio preséntanse nun contexto familiar para o alumnado; b); que a ciencia parte de problemas sen resolver (Bachelard, 1938), por tanto todas as tarefas están deseñadas como problemas auténticos nos que o alumnado ten que deseñar como resolvelos antes de levar a cabo o proceso de resolución; e c) que a ciencia é produto da interacción social, por iso o deseño require do alumnado que resolva as actividades en pequeno grupo; d) a gran variedade de prácticas que realizan os científicos (Osborne, 2011), proponendo tarefas diferentes ao longo do estudo que requiren a realización de operacións diferentes.

Na literatura existen estudos sobre as operacións epistémicas centrados en diferentes liñas de didáctica das ciencias (argumentación, modelización e explicacións científicas, e indagación). Os estudos máis numerosos examinan as operacións epistémicas levadas a cabo na argumentación e os menos numerosos na indagación. En canto aos de indagación, céntranse na análise de aspectos como a formulación de preguntas e explicacións (Sandoval & Reiser, 2004), a contextualización (Jiménez-Aleixandre & Reigosa, 2006; Wickman, 2004) ou examinan as operacións de produción, avaliación e comunicación de coñecemento en termos de “*productive disciplinary engagement*” (PDE) en episodios específicos (Mortimer & de Araújo, 2013). Nesta tese preténdese contribuír á elaboración e validación de ferramentas de análise dunha variedade de operacións epistémicas que o alumnado leva a cabo durante distintas fases do proceso de indagación e tamén como evolucionan estas prácticas ao longo do tempo. Cabe sinalar que en comparación coa argumentación e a modelización, a indagación implica un maior número de operacións potenciais que dependen do contido e natureza das tarefas. Ademais os procesos de indagación poden implicar o uso de operacións propias da modelización e da argumentación.

A análise das operacións epistémicas levadas a cabo polo alumnado e a comparación dos desempeños permiten identificar diferenzas: a) entre tarefas; b)

entre fases e c) entre tipos de operacións. En primeiro lugar discútense o conxunto dos resultados e a continuación as categorías mencionadas (a, b, e c).

As operacións de avaliación son as máis frecuentes nos tres grupos, nos grupos P/P' e T/T' acompañadas das de produción, e as diferenzas aparecen nos desempeños específicos. Estes resultados son diferentes aos de Christodoulou (2011) quen encontra no seu estudo que predominan as operacións de produción de coñecemento fronte ás de avaliación. No noso estudo as de produción tamén son importantes, mais aparecen con maior frecuencia as de avaliación. Cabe sinalar que o estudo desta autora lévase a cabo en contextos argumentativos, non de indagación, polo que as operacións están influenciadas polo contexto discursivo no que se levan a cabo (Jiménez-Aleixandre, Puig, Bravo & Crujeiras, 2014). No noso caso, os resultados dependen das operacións que demandan as propias tarefas para a súa resolución no seu deseño (resumido na táboa 6.1). Destas doce operacións que consideramos necesarias para a resolución das tarefas, 9 son de avaliación de coñecemento que representan máis da metade do total. Isto débese á enorme complexidade que supón a indagación, que como se menciona arriba implica un número elevado de operacións en función do contido e natureza das tarefas. Cabe destacar que as operacións de comunicación de coñecemento, aparecen en frecuencias menores que o resto. A pesar de que a comunicación garda relación con falar e escribir ciencias (Lemke, 1990) e forma parte tanto da competencia en usar probas científicas como do currículo de secundaria (comunicar conclusións tanto orais como escritas), non se lle presta a atención que precisa nas aulas, priorizando as outras dúas, produción e avaliación.

En canto aos desempeños en cada categoría de prácticas, na *produción* de coñecemento os que aparecen con frecuencias superiores son as operacións de posta en práctica (cinco veces máis que o resto de operacións) e proposta de deseño (tres veces máis que o resto). Isto é debido a que estas operacións comprenden desempeños máis específicos, por exemplo a proposta de material, proposta de procedemento a seguir, etc que se examina no capítulo 7. Nas operacións de *avaliación* de coñecemento os episodios repártense entre máis desempeños, mais resaltan a proposta de criterios e a identificación de entidades

problema, por seren operacións a levar a cabo en todas as tarefas. E nas operacións de *comunicación* de coñecemento a operación que destaca sobre o resto é a pregunta/resposta de clarificación.

En canto ás diferenzas entre tarefas, na 1 son máis frecuentes as operacións de produción de coñecemento en todos os grupos, nas tarefas 2 e 3 predominan as de avaliación. Consideramos que esta diferenza débese á natureza das tarefas, xa que a primeira céntrase máis en aspectos de tipo específico como o deseño do experimento (control de variables, proposta de materiais e procedementos a seguir, etc) e as tarefas 2 e 3 céntranse máis na aplicación de contidos teóricos (uso do coñecemento sobre a natureza das substancias para seleccionar os criterios de identificación das mesmas, etc.). Nas tarefas 4 e 5 hai tamén diferenzas en función dos grupos. Nos grupos O/O' e P/P' na tarefa 4 aparecen as operacións de produción e avaliación en frecuencias similares, mentres que na tarefa 5 predominan as operacións de avaliación. No grupo T/T' predominan as operacións de produción de coñecemento nas tarefas 4 e 5. Ademais nas tres primeiras tarefas as frecuencias das operacións son superiores ás das dúas últimas. Pensamos que as diferenzas entre tarefas poden ser debidas á progresiva familiarización coa forma de resolución das mesmas, xa que aínda que cada unha é diferente a estrutura é similar en todas. Así ao final do estudo o alumnado xa ten experiencia en elaborar propostas de deseño, en utilizar criterios de identificación ou na interpretación dos resultados obtidos nas investigacións, por tanto adica menos episodios a discutir sobre estes procesos.

En canto ás diferenzas nas fases de indagación, o grupo O/O' leva a cabo máis operacións na fase de planificación que na de posta en práctica, mentres que os grupos P/P' e T/T' levan a cabo máis na fase de posta en práctica. Tendo en conta as categorías de prácticas, na fase de planificación predomina unha categoría mentres que na fase de posta en práctica a frecuencia é similar. Así no grupo O/O' predominan as operacións de avaliación de coñecemento na fase de planificación e as de produción e avaliación de forma similar na fase de posta en práctica. No grupo P/P' predominan as operacións de produción e avaliación na fase de planificación e as tres operacións presentan frecuencias similares na fase

de posta en práctica. No grupo T/T' predominan as operacións de produción de coñecemento na fase de planificación e as de produción e avaliación en frecuencias similares na posta en práctica. O feito de que nalgúñas tarefas predominen operacións diferentes en cada grupo de estudantes pode ser debido á apertura dos procesos de resolución das actividades propostas, xa que poden resolverse seguindo procedementos diversos, e estes implican maior número de operacións dun tipo ou doutro.

En canto ás diferenzas no tipo de operacións, as de tipo específico que aparecen con máis frecuencia en todos os grupos son as de produción de coñecemento, mentres que nas de tipo xeral predominan as de avaliación de coñecemento, excepto no grupo P/P' que aparecen con frecuencias similares as operacións de avaliación e comunicación de coñecemento.

En resumo, consideramos que introducir nas tarefas de indagación a necesidade da planificación da investigación previa á posta en práctica permite que o alumnado leve a cabo un número elevado de operacións epistémicas, en particular de produción de coñecemento. Con isto se consegue cambiar o rol habitual do alumnado nas aulas de secundaria de consumidor a produtor de coñecemento (Engle & Conant, 2002; Jiménez & Pereiro, 2002). Ademais, incluír a necesidade de aplicar o coñecemento teórico na planificación da investigación permite que o alumnado leve a cabo un número elevado de operacións de avaliación do coñecemento (Crujeiras & Jiménez, 2013b).

Pensamos que o enfoque de indagación no que o alumnado é o principal produtor de coñecemento a través da planificación do proceso de resolución e posta en práctica das investigacións permite cambiar as súas concepcións epistemolóxicas sobre as ciencias. Neste sentido diferimos de Sandoval (2005), quen afirma que os estudos que demandan a participación do alumnado nas prácticas científicas non proporcionan información suficiente sobre as súas concepcións epistemolóxicas, xa que moitas destas ideas sobre a práctica científica poden estar motivadas por desempeños específicos. Unha proba da nosa suxerencia sería por exemplo a operación da lexitimación, na que o alumnado ao principio do estudo cuestiona se eles son os que van realizar a investigación e a

medida que avanzamos nel os estudantes indican como deben traballar en ciencias e mesmo se consideran científicos. Por tanto, suxerimos facilitar ao alumnado que participe nas prácticas científicas a través das tarefas que se lle plantexan na aula e no laboratorio para conseguir que desenvolvan concepcións adecuadas de como se constrúe o coñecemento científico.

No seguinte capítulo analízase a planificación das investigacións realizadas polo alumnado e a súa aplicación na posta en práctica, así como a influencia que teñen os deseños realizados sobre os resultados obtidos por cada pequeno grupo ao longo do estudo.



CAPÍTULO 7

EVOLUCIÓN DOS DESEMPEÑOS PROPOSTA E POSTA EN PRÁCTICA DE DISEÑO

7.1 Introducción

Este capítulo aborda os resultados correspondentes ao primeiro obxectivo de investigación, en particular á segunda e terceira pregunta de investigación:

Pregunta 2: *Cales son os desempeños do alumnado nas dúas operacións epistémicas de produción de coñecemento de proposta e posta en práctica dos deseños experimentais?*

Pregunta 3: *Que pautas de evolución aparecen nos deseños propostos polo alumnado ao longo do estudo?*

Examínanse os desempeños das operacións “proposta de deseño” e “posta en práctica do deseño” correspondentes á categoría de prácticas epistémicas de produción de coñecemento analizada no capítulo 6. Na figura 7.1 represéntanse o esquema de análise.

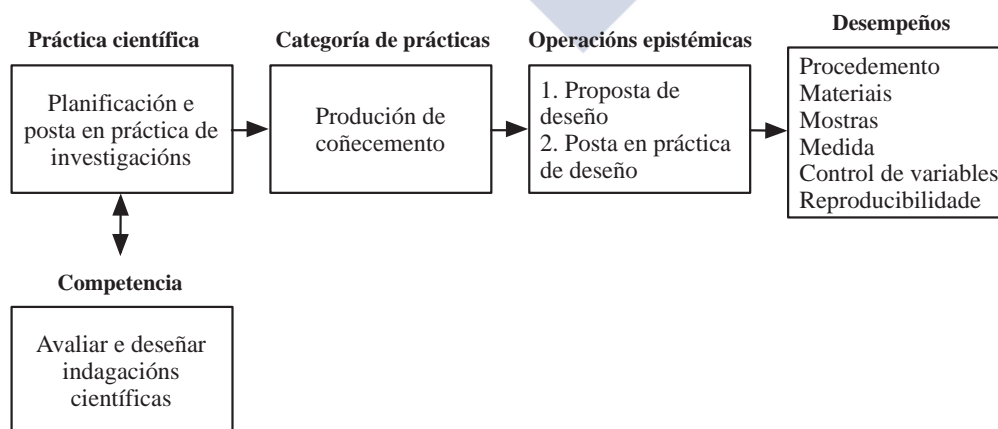


Figura 7.1 Esquema de análise das operacións proposta e posta en práctica do deseño.

Como se resume na figura 7.1, as operacións epistémicas de produción de coñecemento *proposta e posta en práctica do deseño* correspóndense coa práctica científica denominada *planificación e posta en práctica de investigacións* (NRC, 2012). No documento do NRC esta práctica implica “que o alumnado deseñe indagacións experimentais ou observacionais que sexan adecuadas para responder a unha pregunta, identificando as variables relevantes e considerando como se poden observar, medir e controlar” (NRC, 2012, p. 59). Os desempeños que constitúen as dúas operacións epistémicas coinciden cos do alumnado na competencia en identificar cuestións científicas (OCDE, 2007), que en 2013 pasa a denominarse competencia en avaliar e deseñar indagacións científicas (OCDE, 2013). Esta competencia require que o alumnado posúa coñecementos sobre as características dunha investigación científica, por exemplo sobre o que se debe medir, as variables que deberían modificarse ou controlarse nunha investigación ou que accións deberían levarse a cabo para tomar datos fiables.

En primeiro lugar discútase a ferramenta de análise das operacións, en segundo lugar examínanse os resultados correspondentes aos deseños. En terceiro lugar analízase a posta en práctica do deseño e ilústranse con exemplos de cada pequeno grupo. En cuarto lugar discútense as pautas que emerxen da comparación entre os desempeños levados a cabo na proposta e na posta en práctica. En quinto lugar examínanse os procesos implicados nas propostas de deseño das tarefas e por último discútase a evolución de cada pequeno grupo ao longo do estudo.

7.2 Ferramentas de análise

Neste apartado discútase a rúbrica para a análise dos desempeños que constitúen as operacións *proposta de deseño e posta en práctica do deseño*.

A rúbrica desenvolve a elaborada no capítulo 6 para as operacións epistémicas nas operacións de produción de coñecemento: proposta de deseño e posta en práctica do deseño, identificando os distintos desempeños. Comprende seis categorías que se corresponden en parte cos desempeños utilizados para avaliar a adquisición da competencia en identificar cuestións científicas (OECD, 2007). As categorías de análise coinciden en ambas operacións, e resúmense a

continuación. A diferenza entre operacións está en que na primeira os desempeños son *propostas* e na segunda póñense en *práctica* as propostas elaboradas na primeira operación:

a) Proposta/posta en práctica de *procedemento*: turnos nos que o alumnado indica os pasos a seguir para levar a cabo as investigacións.

b) Proposta/posta en práctica de *mostras*: turnos nos que o alumnado indica o número e tipo de mostras a utilizar nas investigacións.

c) Proposta/posta en práctica de *materiais*: turnos nos que o alumnado indica o equipamento (material de laboratorio ou aparellos de medida) a utilizar nas investigacións

d) Proposta/posta en práctica de *medida de magnitudes e/ou variables*: turnos nos que o alumnado indica como medir as magnitudes e/ou variables e as cantidades de medida.

e) Proposta/posta en práctica de *control de variables*: turnos nos que o alumnado ten en conta manter os mesmos criterios de medida en distintas mostras, probas ou experimentos.

f) Proposta/posta en práctica de *reproducibilidade*: turnos nos que o alumnado considera a necesidade de obter máis dun valor para cada medida.

Cabe subliñar que nas producións orais do alumnado algúns desempeños solápanse con outros como se discute nos exemplos máis adiante.

7.3 Análise dos desempeños ao longo do estudo

Neste apartado analízanse os resultados correspondentes aos desempeños ao longo do estudo para cada pequeno grupo. Para a análise examínanse por separado os desempeños levados a cabo en cada operación e ilústranse con exemplos dos pequenos grupos.

7.3.1 Proposta de deseño

O número de episodios correspondentes aos desempeños do alumnado ao longo do estudo na proposta de deseño resúmense na táboa 7.1.

Desempeño Proposta de:	GO/O'					GP/P'					GT/T'				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Procedemento	3	9	7	6	1	-	4	6	6	1	4	4	6	3	1
Mostras	1	-	-	1	1	2	-	-	1	1	3	-	-	1	-
Materiais	1	-	-	-	4	1	-	2	2	2	1	2	1	-	5
Medida de magnitudes e/ou variables	4	-	-	-	-	4	-	-	-	1	3	-	-	-	-
Control de variables	5	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reproducibilidade	2	1	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Total	17	11	10	9	7	8	4	8	9	5	11	6	7	5	6

Táboa 7.1 Episodios para os desempeños da operación proposta de deseño

Lenda: GO/O': grupo O; GP/P': grupo P; GT/T': grupo T; T1: tarefa 1; T2: tarefa 2; T3: tarefa 3; T4: tarefa 4; T5: tarefa 5.

Os resultados da táboa 7.1 amosan algunhas similitudes, por exemplo o maior número de episodios adicados á proposta de procedemento, e diferenzas entre grupos e tarefas. No grupo O/O' identifícase un maior número de episodios totais que nos grupos P/P' e T/T'. O desempeño que aparece con maior frecuencia en todos os grupos é a *proposta de procedemento*, que se identifica en todas as tarefas dos grupos O/O' e T/T' e en catro das cinco tarefas no grupo P/P'. Os outros desempeños aparecen de forma diferente en cada pequeno grupo. Así hai algúns que aparecen só nun grupo, por exemplo a *proposta de control de variables* só se identifica no grupo O/O' en tres das cinco tarefas. Outros identifícanse en todos os grupos pero en tarefas e frecuencias diferentes. Por exemplo a *proposta de mostras* aparece nas tarefas 1 e 4 nos tres grupos e na tarefa 5 só nos grupo O/O' e P/P'.

A continuación discútnense os resultados de cada categoría ilustrados con exemplos dos pequenos grupos.

Proposta de procedemento: como se indica arriba é o máis frecuente en todos os grupos mais con distinta frecuencia nas distintas tarefas. No grupo O/O' identifícanse menos episodios nas tarefas 1 e 5 que no resto, aparecendo máis na tarefa 2. No grupo P/P' identifícanse máis nas tarefas (3 e 4) que nas do principio (1 e 2) e do final (tarefa 5). Mentres que no grupo T/T' non existe unha pauta clara: hai máis episodios na tarefa 3 que no resto. Un exemplo correspondente ao grupo O/O' na tarefa 4 é o seguinte:

263 *Ofelia*: A ver, bótaslle ácido sulfúrico

264 Olaia: *Olga aquí terías o líquido branco e no outro pon sólido*

265 Olga: *No, sólido branco!*

266 Olaia: *Pois dará igual a este [proba de identificación do cloruro de bario]*

267 Olga: *E este [proba de identificación do cloruro de sodio] tamén!*

268 Olaia: *Pero despois botas o couso [reactivo] este [nitrato de prata]*

269 Olga: *Claro, pero este [nitrato de prata] é solo para saber este [ioduro de potasio]. Claro, pero non como diciamos nós! Nós diciamos de diferenciar [ioduro de potasio] este e este [cloruro de bario], pero este tamén da o mesmo [precipitado branco] que este [cloruro de sodio]*

270 Olaia: *Escóitame, primeiro haberá que saber se é un de estes dous [ioduro de potasio ou cloruro de sodio]*

271 Olga: *Si*

272 Olaia: *E ao final botámoslle o choio este de prata, e despois bótaslle o etanol para diferenciar.*

Neste fragmento o alumnado propón o procedemento a seguir para identificar o residuo sorpresa en base a información sobre a reactividade proporcionada no guión. Primeiro deciden engadir ácido sulfúrico ao residuo para observar se se forma un precipitado branco. Olaia (266) e Olga (267) observan que no guión hai tres substancias que comparten o criterio de identificación da formación dun sólido branco ao engadir ácido sulfúrico. Olaia (268) indica que hai que engadir o nitrato de prata unha vez observado o sólido branco produto da reacción co ácido sulfúrico. Olga (269) observa que a reacción co nitrato de prata é só para saber se o residuo é o ioduro de potasio, mais hai tres posibilidades. Finalmente Olaia (270, 272) propón engadir nitrato de prata para saber se se trata de ioduro de potasio e etanol para saber se é cloruro de bario. Nesta proposta de procedemento obsérvase a colaboración de todos os membros do grupo.

Proposta de mostras: aparece nos tres grupos nas tarefas 1 e 4 e ademais nos grupos O/O' e P/P' na tarefa 5. Esta operación se esperaba identificar nas tarefas 1 e 5 que son as que propiamente teñen que seleccionar as mostras a avaliar: na un as cunchas lavadas con cada tipo de pasta e na cinco os rotuladores cos que realizar a cromatografía. No resto de tarefas non teñen que seleccionar as mostras xa que se trata de identificar compoñentes mesturados (tarefa 2), contaminantes (tarefa 3) e a composición química (tarefa 4). Na tarefa 4 o alumnado considera as probas de identificación da composición do residuo como mostras. Un exemplo do grupo P/P' na tarefa 1 é o seguinte:

180 Profesor: [A investigadora] *Aforrouvos o traballo, a parte de ter as pastas, xa ten dentes tratados con pasta. Eu pódolle dicir: Investigadora dame dous dentes sen tratar, agora dame un dente tratado coa pasta equis, e dache un dente tratado coa pasta equis. Agora quero dous dentes tratados coa pasta i, vale? E tamén o ácido clorhídrico.*

181 Pedro: *Entonces hai que pedirlle seis [anacos de cuncha]*

182 Paula: *Seis?*

183 Pedro: *Sí. Dúas tratadas e catro sen tratar*

184 Paula: *Pero non sería catro tratadas e dúas sen tratar?*

185 Pedro: *Non*

186 Paula: *Dúas con equis, dúas con i e dúas sin tratar*

187 Pedro: *Para que queres dúas con equis e dúas con i?*

188 Pilar: *Porque son distintas pastas*

O alumnado decide o número e tipo de mostras a utilizar para avaliar a eficacia das pastas de dentes, despois de que o profesor (180) lles aclarase que as mostras xa estaban tratadas unhas cunha pasta e outras coa outra, ademais da existencia das cunchas sen tratar. Pedro (181) deduce que teñen que empregar seis anacos de cuncha, explicando que das seis dúas van ser tratadas e catro sen tratar, mais das tratadas non especifica de que tipo de pasta (turno 183). Paula (184) propón empregar o mesmo número pero ao contrario que Pedro decide usar catro tratadas e dúas sen tratar, explicando no turno 186 que van usar dúas con cada pasta e outras dúas sen tratar. Pedro (187) pregunta por que van utilizar dúas con cada pasta e Pilar (188) respóndelle indicando que é porque son pastas diferentes. Tanto na selección de mostras proposta por Paula (186) coma na explicación de Pilar (188) hai un criterio de reproducibilidade implícito que o alumnado non sabe explicar.

Proposta de materiais: aparece nos tres grupos con diferentes frecuencias. Nas tarefas 1 e 5 identifícase nos tres grupos, mentres que, na tarefa 3 identifícase nos grupos P/P' e T/T', na tarefa 4 só aparece no grupo P/P' e na 2 só no grupo T/T'. Esta operación debería identificarse en todas as tarefas para todos os grupos mais esta pauta só se da nas tarefas 1 e 5. Un exemplo correspondente ao grupo T/T' na tarefa 5 é o seguinte:

157 Teresa: *Entonces [o disolvente] como ten que ser?*

158 Sara: *Ten que ser algo intermedio, eu penso que este [mestura hexano-etanol] ou este [mestura hexano-auga]. Esta [hexano-auga] vai ser media e esta [hexano-etanol] vai ser rápida*

159 Teresa: *Vai ser máis rápida? E esta, que lle pasa a esta?*

160 Sara: *Esa é etanol e auga*

161 Teresa: *Entón polares*

O alumnado intenta seleccionar o disolvente para realizar os cromatogramas da tinta dos rotuladores sospeitosos de escribir o anónimo. O disolvente (fase móbil) é un dos materiais a seleccionar para realizar a cromatografía de cada rotulador, outros serían o papel de filtro no que se vai plasmar a tinta (fase estacionaria) ou o recipiente no que van realizar a técnica. Sara (158) propón utilizar un disolvente de polaridade intermedia (unha mestura etanol-auga ou hexano-auga). Ademais diferencia dentro dos disolventes con polaridade intermedia o que vai ser máis rápido dos dous (mestura etanol-auga). Teresa (159) pregunta por outra das opcións do guión, a mestura etanol auga, e identifícaa como polares.

Proposta de medida: aparece nos tres grupos de forma similar. Nos tres grupos se identifica na tarefa 1, mentres que no grupo P/P' tamén na tarefa 5. Un exemplo correspondente ao grupo P/P' na tarefa 1 é o seguinte:

159 Paula: *O da medida de gas, que posibilidades hai?*

160 Pedro: *Pero coa probeta esa está complicado eh! Pero un globo cabe pola probeta?*

161 Paula: *Sí*

162 Pilar: *Pero entón non garda o gas*

163 Paula: *O globo?*

164 Pedro: *Por que non? Non estás entendendo, non se trata de que aguante gas, trátase de que inche rápido*

165 Pilar: *Ah! Vale, vale!*

166 Pedro: *Trátase de que colla o gas e medir canto tarda*

167 Paula: *Ah!*

168 Pedro: *Se tes a cuncha, non poderías probar se a tes metida dentro do tubo de ensaio, é un pouco complicado.*

169 Paula: *E como farías coa concha?*

170 Pedro: *Xa, pero se a metes ahí, a mala xuntaríase e solta o gas rápido. A ver ti frégala [a cuncha coa pasta] e cando a metes no tubo de ensaio a mala desprende o gas rápido.*

171 Paula: *Claro*

172 Pedro: *Entón non se podería facer nun tubo de ensaio*

173 Pedro: *Que máis nos falta? Coa probeta invertida tamén se podería facer*

174 Paula: *É moito máis difícil.*

O alumnado intenta decidir o método máis axeitado para medir o desprendemento de gas producido da reacción entre a cuncha e o ácido clorhídrico. No guión da tarefa proporcionánselle tres opcións de medida: observar a efervescencia producida, cuantificar o volume de gas desprendido utilizando unha probeta invertida ou usar un globo colocado na boca do tubo de ensaio no que se leva a cabo a reacción que recollerá o gas desprendido. O profesor ilústralle o funcionamento dos tres métodos no inicio da sesión e tamén se lles indica que poden suxerir outro método alternativo. Pedro (160) propón utilizar a opción da probeta e relaciónao co globo, o que indica que non comprendeu o funcionamento do método. Aínda que non comprende o funcionamento do método proposto, si que é consciente do criterio a medir, a rapidez ou velocidade e non o volume de gas (turnos 164 e 166). Erro frecuente en outros grupos. En turnos posteriores discuten sobre como realizar a reacción que de lugar ao desprendemento de gas (turnos 168, 170) e descartan realizar a reacción nun tubo de ensaio. Neste fragmento non recoñecen a utilidade do globo no proceso.

Control de variables: identifícase só no grupo O/O' en tres das cinco tarefas do estudo (tarefas un, tres e cinco). Un exemplo para a tarefa 1 é o seguinte:

255 Olaia: *Tes que pór catro, dous e dous teñen que ser iguais* [mesma masa]

256 Ofelia: *A ver, un equis e un i*

257 Olaia: *A ver un ten que ser igual e o outro equis e o outro i teñen que ter as mesmas cousas*

258 Olga: *Claro*

259 Olaia: *Sinón como fas?*

260 Ofelia: *A ver, se aquí tes un equis*

261 Olga: *A ver, ca mesma cantidad hai que usar distintas cremas podemos mirar a peza a cal...*

262 Olivia: *A cal lle afecta máis*

263 Olga: *Exacto!*

264 Olaia: *Xa, pero depende da cantidad equis e i teñen que coincidir e o outro equis e i tamén*

O alumnado discute sobre o tipo e número de mostras a utilizar para avaliar a calidade das pastas de dentes. Olaia (255) propón utilizar catro anacos, dous de cada tipo e coa mesma masa. Ofelia (256) propón utilizar só unha mostra de x e outra de y. Mentres que Olaia (257) insiste na proposta do turno anterior. Olga

(261) propón empregar a mesma cantidade de cuncha e aplicarlle as distintas pastas de dentes. Olaia (264) acepta a proposta de Olga (261) mais insiste na necesidade de empregar cunchas da mesma masa. Neste fragmento as alumnas controlan a variable masa de cuncha.

Proposta de reproducibilidade: identifícase nos tres grupos en diferentes tarefas e con diferente frecuencia. No grupo O/O' aparece nas tarefas 1, 2 e 4, no grupo P/P' aparece só na tarefa 1 e no grupo T/T' aparece só na tarefa 4. Un exemplo do grupo O/O' na tarefa 1:

132 Ofelia: *Habería que probalo dúas veces?*

133 Olivia: *Pódense facer varios experimentos, dixo [o profesor]*

134 Olga: *Ah, pois como o que fixemos do tubo de ensaio pero cun máis grande*

135 Olaia: *Estou mirando eu que tiñamos... se fai dúas veces... mirar se a produción é a correcta ou se fai dúas veces ou tamén se pode buscar outro experimento máis.*

136 Ofelia: *Entonces se ves que coincide o primeiro co segundo é que é*

137 Olivia: *Pero ten que ser o mesmo*

138 Ofelia: *Tamén pode ser que coa crema, a pasta esa de dentes, ademáis de non prevenirche que sea botes que sea perjudicial. Entonces botamos dúas ou tres destas [cunchas] de cada ácido tamén? Ou poñer máis?*

139 Olga: *Espera, estou pensando*

140 Olaia: *Tes que poñer as mesmas cantidades de cada cousa*

Neste fragmento solápanse dous desempeños, a proposta de reproducibilidade e a de control de variables. Ofelia (132) propón realizar cada medida dúas veces. Olga (134) propón variar as condicións empregando un tubo de ensaio máis grande na repetición. Ofelia (136) fai referencia á necesidade de repetir cada mostra para comprobar os resultados. Olivia (137) incide en que teñen que obter os mesmos valores e no turno 140 fai referencia ao control de variables indicando que teñen que utilizar as mesmas cantidades.

7.3.2 Posta en práctica do deseño

Os desempeños correspondentes á operación posta en práctica do deseño, como se menciona arriba, son os mesmos que os da proposta de deseño, xa que nesta operación o alumnado pon en práctica o acordado na proposta de deseño. Os episodios identificados para cada desempeño resúmense na táboa 7.2.

Desempeños Posta en práctica de:	GO/O'					GP/P'					GT/T'				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Procedemento	-	-	-	-	6	3	10	7	6	-	1	5	6	5	4
Mostras	3	-	-	-	-	5	-	1	1	-	4	1	1	2	6
Materiais	-	-	-	-	-	2	2	4	5	2	-	3	3	2	2
Medida de magnitudes e/ou variables	8	6	7	5	4	5	2	3	1	1	4	1	1	1	-
Control de variables	3	-	-	3	2	1	-	-	-	-	1	-	1	-	-
Reproducibilidade	1	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Total	15	7	7	8	12	18	14	15	13	3	10	10	12	11	12

Táboa 7.2 Desempeños da operación posta en práctica do deseño.

Lenda: GO/O': grupo O; GP/P': grupo P; GT/T': grupo T; T1: tarefa 1; T2: tarefa 2; T3: tarefa 3; T4: tarefa 4; T5: tarefa 5.

Os resultados da táboa 7.2 indican que non existe ningunha categoría que apareza en todos os grupos e tarefas, a máis frecuente é a *medida de magnitudes e/ou variables* que se identifica en todos excepto no grupo T/T' na tarefa 5. A *posta en práctica: procedemento* tamén aparece con frecuencia nos grupos P/P' (en catro das cinco tarefas) e T/T' (en todas) mentres que no grupo O/O' só se identifica na tarefa 5. O desempeño menos frecuente é a *posta en práctica: reproducibilidade*, que só aparece nunha tarefa por grupo: nos grupos O/O' e P/P' identifícase na tarefa 1 e no grupo T/T' identifícase na tarefa 4. Ademais todos os desempeños aparecen en todos os grupos, nunha ou varias tarefas, excepto *posta en práctica: materiais* que non se identifica no grupo O/O'.

A continuación discútnense os resultados de cada categoría e ilústranse con exemplos dos pequenos grupos.

Posta en práctica: procedemento aparece en distinta frecuencia nos grupos e tarefas. No grupo O/O', como se comenta arriba, só se identifica na tarefa 1, no grupo P/P' aparece en todas as tarefas excepto na 5 e no grupo T/T' identifícase en todas as tarefas con distinta frecuencia. Un exemplo do grupo T/T' para a tarefa 3 é o seguinte:

244 Sara: Hai que mirar se hai sal, toma

245 Teresa: Pero eso xa, conduce!

246 Sara: Hai que filtralo. Pero a ver como filtramos o sólido

247 Teresa: Pero para que queres filtrar o sólido, bótalos para aquí [vaso de precipitados] e xa está

248 Sara: Que ques facer primeiro, o da fariña?

249 Teresa: Si, filtralo

250 Sara: *Pero vai quedar abaixo igual*

251 Profesor: *Ah, xa estades! Acordádevos de como hai que filtrar?*

252 Sara: *Si*

Neste fragmento o alumnado leva a cabo os procesos de identificación dos posibles contaminantes da mostra de auga do río. Deciden medir a conductividade da mostra para ver se hai cloruro de sodio. Teresa (245) mídea na mostra en bruto e indica que conduce, mais Sara (246) propón filtrar primeiro a mostra. Teresa (247) propón decantala e Sara (250) non comparte a idea xa que pensa que o sólido vai seguir quedando no fondo do vaso. O profesor (251) intervéñ preguntando se lembran como hai que filtrar unha mostra e Sara (252) responde que si. A continuación levan a cabo o filtrado da mostra para continuar cos procesos de identificación dos contaminantes.

Posta en práctica de mostras: aparece de forma diferente nos grupos. No grupo O/O' só se identifica na tarefa 1, mentres que no grupo P/P' nas tarefas, 1, 3 e 4 e no grupo T/T' en todas. Un exemplo do grupo O/O' para a tarefa 1 é o seguinte:

405 Ofelia: *Estas [anacos de cuncha] son da equis*

406 Olivia: *A ver apunto para saber cal é*

407 Ofelia: *A ver, a de equis a gardas ti [Óscar], a de i a gardas ti [Olivia] e eu vou pola outra*

408 Olaia: *Levades a i?*

409 Óscar: *Sí, aquí*

410 Olga: *Vamos a ver... equis*

411 Olivia: *A equis xa temos Olga*

412 Olga: *Xa a colléschedes?*

413 Olivia: *Falta da outra*

414 Olga: *Falta?*

415 Olaia: *Da i.*

Neste fragmento o alumnado selecciona as mostras (cunchas) de cada tipo a empregar para avaliar a efectividade das pastas de dentes. Ofelia (405) selecciona as mostras e as reparte entre o resto dos integrantes indicando que mostra garda cada un en vez de anotalo. Este criterio provoca erros de identificación e confusión entre mostras que da lugar á obtención de resultados anómalos, como se discute no capítulo 8.

Posta en práctica de materiais: non aparece no grupo O/O', mais si no grupo P/P' en todas as tarefas e no grupo T/T' nas tarefas 2 a 5. Un exemplo do grupo P/P' para a tarefa 4 é o seguinte:

211 Paula: *Vale máis que sobre. Non sería mellor* [botar o residuo no tubo de ensaio] *cunha pipeta?*

212 Rosa: *Remexemos para botarlle aí*

213 Profesor: *Que, estades traballando xa?*

214 Paco: *Si*

215 Rosa: *Fáltannos cousas*

216 Profesor: *As cousas están alí* [na mesa do profesor], *tedes que ir buscalas*

217 Rosa: *Ah! Ácido sulfúrico*

218 Paula: *Tráio aquí* [nun tubo de ensaio]?

219 Rosa: *Espera*

O alumnado está dividindo o residuo sorpresa en varios tubos de ensaio para levar a cabo as probas de identificación correspondentes. Paula (211) propón empregar unha pipeta para facelo. Rosa (215) indícalle ao profesor que lles faltan materiais para traballar. Este (216) amósalle onde está todo o material que precisan e Rosa (217) decide que precisan ácido sulfúrico para facer as reaccións. Paula (218) pregunta ao grupo se o trae nun tubo de ensaio e Rosa (218) pídelle que espere xa que o profesor lles vai ensinar como se empregan as tiras de papel indicador para medir o pH do residuo (primeira variable a ter en conta na identificación, xa que en función do pH descartan posibles compoñentes do residuo).

Posta en práctica de medida de magnitudes e/ou variables: é a máis frecuente en todos os grupos. No grupo O/O' identifícanse máis operacións no principio do estudo (tarefas 1 a 3) que no final (tarefas 4 e 5). No grupo P/P' aparece a mesma pauta que no grupo O/O' mais a frecuencia de episodios é menor. No grupo T/T' só se identifica esta compoñente nas tarefas 1 e 3. Un exemplo desta categoría para o grupo O/O' na tarefa 1 é o seguinte:

376 Olga: *Xusto! Cero con tres* [gramos] *as dúas*

377 Olivia: *Sen lavar*

378 Ofelia: *Sen lavar que?*

379 Olivia: *Dentes sen lavar*

380 Ofelia: *Canto dixo?*

381 Olivia: *Cero con tres*

382 Òscar: *Tres ou con cero cinco?*

O alumnado leva a cabo a medida da masa das cunchas que van utilizar para avaliar a efectividade das pastas de dentes. Olga (376) pesa as dúas cunchas sen tratar (mostra control) obtendo o mesmo valor (0,3 gramos). Ofelia (380) pregunta o valor obtido xa que é a encargada de anotar os valores. Olivia (381) repítelle o valor da masa e Óscar (382) dubida de se pesan 0,3 ou 0,5 gramos que é o valor aproximado que se indica no guión da tarefa.

Posta en práctica de control de variables: identifícase en todos os grupos en distintas tarefas e con distintas frecuencias. No grupo O/O' aparece en todas as tarefas excepto na 3. No grupo P/P' só se identifica na tarefa 1 e no grupo T/T' nas tarefas 1 e 3. Un exemplo é do grupo T/T' na tarefa 3 é o seguinte:

413 Investigadora: Bota unhas gotiñas

414 Sara: Espera, espera, agora

415 Investigadora: Vale, xa está non? Agora do outro [reactivo]

416 Sara: Cantas gotas lle boto?

417 Teresa: As mesmas

418 Investigadora: Non foron catro da outra?

419 Sara: Eu creo que foron tres

420 Teresa: Bótalle catro é igual

421 Sara: Igual non que despois non sale

O alumnado controla a cantidade dos reactivos que teñen que engadir á mostra de auga do río para identificar a presenza da sacarosa. Para iso utilizan o reactivo de Fehling (A e B) previamente preparado polo profesor, no que se indica que teñen que empregar a mesma cantidade de reactivo A que de B. A investigadora (413) está presente no momento de engadir os reactivos á mostra de auga do río. Sara (416) despois de engadir o reactivo A pregunta ao grupo sobre a cantidade a engadir do reactivo B. Teresa (417) indica que ten que engadirlle a mesma cantidade. A investigadora (418) axúdalles coa cantidade indicando que do outro reactivo engadiron catro gotas. Sara (419) pensa que engadiron tres gotas mais Teresa (420) dille que engada catro. Sara (421) indica a Teresa que non é igual engadir tres que catro gotas porque senón non lle sae ben a proba.

Posta en práctica de reproducibilidade: identifícase só nunha tarefa en cada grupo. Nos grupos O/O' e P/P' aparece na tarefa 1, con distinta frecuencia de

episodios, e no grupo T/T' aparece na tarefa 4. Un exemplo do grupo P/P' na tarefa 1 é o seguinte:

466 Pablo: *Cento vinte segundos!*

467 Pedro: *Esta é máis rápida*

468 Pablo: *Repetimos algunha?*

469 Paula: *Pois hai que repetir a sin tratar porque é a que...*

Neste fragmento o alumnado despois de realizar as medidas da eficacia das dúas pastas e a da mostra control, decide repetir a mostra control xa que obteñen como resultado que a mostra máis rápida e a cuncha lavada con pasta y.

A continuación compáranse os desempeños levados a cabo por cada pequeno grupo na operación proposta de deseño e na de posta en práctica do mesmo.

7.3.3 Comparación entre os desempeños do alumnado en ambas operacións

Neste apartado discútnense as similitudes e diferenzas entre os pequenos grupos e tarefas en termos dos desempeños que constitúen as operacións de proposta de deseño e posta en práctica do deseño. Dado que o propósito de solicitar ao alumnado que planifique as investigacións é que poñan en práctica a proposta de deseño elaborada e non actúen por ensaio-erro consideramos que o tipo de desempeños que se identifican na proposta de deseño en cada tarefa deberían coincidir cos que se identifican na posta en práctica. Da análise dos desempeños en ambas operacións identifícanse cinco categorías que se resumen a continuación.

Frecuencia de episodios	Desempeños					
	Proc	Most	Mat	Med	Contr	Repr
deseño = posta en práctica	P4, T3	P4	P5	P5		T4
Só no deseño	O1, O2, O3, O4, P5	O4, O5,P5	O1, O5, T1		O3	O2, O4
Só na posta en práctica	P1	P3, T2, T3,T5	P2, T4	O2, O3, O4, O5, P2, P3, P4, T2, T3, T4	O2, O4, P1, T1, T3	
+ no deseño	T1		T5		O1	O1, O4
+ na posta en práctica	O5,P2, P3, T2, T4, T5	O1, P1, T1, T4,	P1,P3, P4, T2,T3,	O1, P1, T1	O5	P1

Táboa 7.3 Comparación entre as operacións proposta de deseño e posta en práctica do deseño.

Lenda: Proc=procedemento; Most=mostras; Mat=materiais; Med=medida; Contr=control de variables; Repr=reproducibilidade; O1, O2, O3, O4 e O5 = grupo O/O' nas tarefas 1, 2, 3, 4, e 5 respectivamente; P1, P2, P3, P4, e P5= grupo P/P' nas tarefas 1, 2, 3, 4 e 5; ; T1, T2, T3, T4 e T5= grupo T/T' na tarefas 1, 2, 3, 4, e 5 .

Os resultados da táboa 7.3 indican algunhas pautas (sombreadas) para certos desempeños, que se discuten a continuación de maior a menor frecuencia nos grupos e tarefas.

O desempeño *medida de magnitudes e/ou variables* identifícase só na posta en práctica nas tarefas 2, 3 e 4 nos tres pequenos grupos. As tres tarefas teñen en común que non implican medidas de tipo cuantitativo senón de tipo cualitativo, por exemplo a medida da conductividade eléctrica a través da observación ou non do acendemento dunha bombilla conectada a uns electrodos a través dun circuíto eléctrico (tarefas 2 e 3) ou a medida do pH a través da observación dunha cor determinada nunha tira de papel indicador (tarefa 4). Pensamos que isto pode influír no feito de non considerar esta compoñente no deseño. En cambio na tarefa 1 identifícase en todos os grupos tanto no deseño coma na posta en práctica, aínda que aparecen máis episodios na posta en práctica que no deseño. Nesta tarefa as medidas que teñen que levar a cabo son de tipo cuantitativo (masa de cuncha, volume de ácido e tempo) por tanto parece máis claro que o consideren no deseño.

Para o desempeño *mostras* identifícase unha pauta nos tres grupos na tarefa 1, na que aparecen máis episodios na posta en práctica que no deseño. Isto pode deberse á dificultade que experimenta o alumnado para identificar as cunchas lavadas con cada pasta coas cales van medir a efectividade das mesmas unha vez pesadas, xa que non as etiquetan o cal induce á obtención de datos anómalos, como se discute no capítulo 8.

As restantes similitudes aparecen en varios grupos e tarefas mais non son comúns a todos os grupos. Así na compoñente *materiais* aparecen máis episodios na posta en práctica que no deseño nos grupos P/P' e TT' nas tarefas 3 e 4. En canto ao *control de variables* identifícase nos grupos P/P' e T/T' na tarefa 1 só na posta en práctica, en cambio no grupo O/O' aparecen máis episodios no deseño que na posta en práctica.

En resumo, os desempeños de cada pequeno grupo son diferentes. Hai desempeños que aparecen só no deseño e non se consideran na posta en práctica, outros non se consideran no deseño e sí na posta en práctica. A continuación examínase o proceso polo que se levan a cabo os diferentes desempeños en cada tarefa e compáranse entre os grupos.

7.4 Desempeños nas operacións proposta de deseño e posta en práctica ao longo do estudo

Nesta tese considérase máis importante o proceso polo que se constrúe o coñecemento que o produto final, por iso neste apartado descríbese o proceso polo que o alumnado leva a cabo a operación proposta de deseño. Ademais explícase a influencia que teñen os desempeños do alumnado correspondentes ao deseño na posta en práctica do mesmo.

Descríbese para cada pequeno grupo o proceso (secuencia temporal) polo que se leva a cabo a proposta de deseño en cada tarefa. En negrita indícase o nome abreviado de cada categoría e dentro de cada recadro o contido de cada desempeño. Diferéncianse entre realizados polo alumnado (en línea continua) e os levados a cabo coa axuda do profesor (en línea discontinua). Cabe subliñar que só

se consideran os episodios nos que o contido da acción non se repite, por tanto o número de elementos nas figuras non coincide cos indicados nas táboas 7.1 e 7.2.

7.4.1 Proposta de deseño na tarefa 1

Neste apartado discútese os desempeños de cada pequeno grupo na proposta de deseño ao longo da tarefa 1. Indícanse os elementos incluídos en cada desempeño e avalíase a idoneidade dos deseños propostos por cada grupo para resolver a tarefa. Como se resume no capítulo 5, nesta tarefa o alumnado ten que tomar unha serie de decisións sobre o deseño: a) teóricas: decidir o número e tipo de mostras, as cantidades ou o método de medida da produción de gas; e b) prácticas: introducir cada cuncha nun globo e etiquetalos correctamente, controlar as variables masa de cuncha, volume de ácido e altura de colocación dos globos nos tubos. Estas decisións coinciden cos desempeños que constitúen a operación epistémica de proposta de deseño.

Na figura 7.2 resúmense os desempeños de cada pequeno grupo ao longo da tarefa 1.

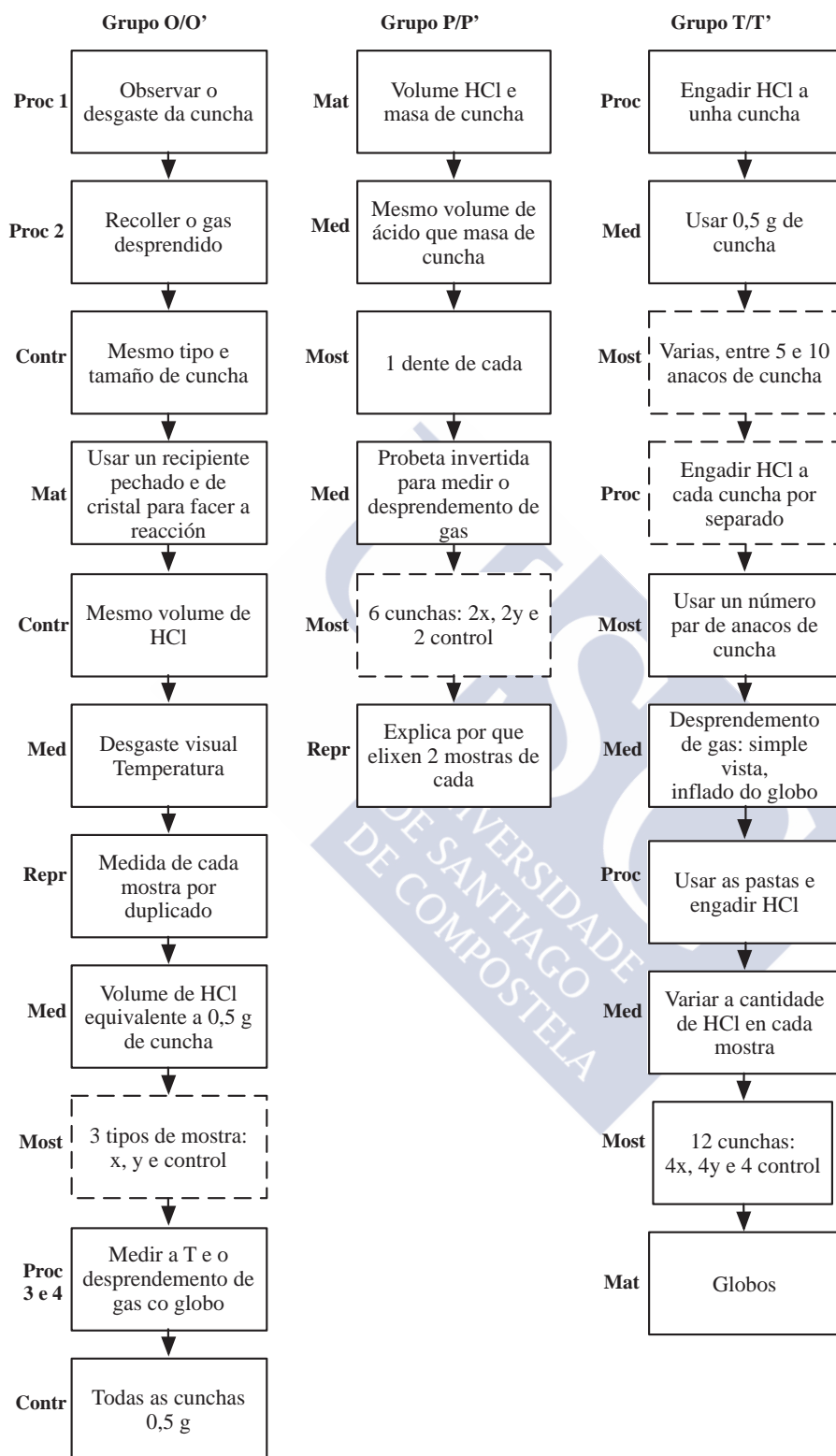


Figura 7.2 Desempeños da operación proposta de deseño na tarefa 1.

Lenda: Proc=procedemento; Most=mostras; Mat=materiais; Med=medida; Contr=control de variables; Repr=reproducibilidade; liña continua= sen axuda do profesor; liña discontinua= con axuda do profesor

Na figura 7.2 obsérvase que os desempeños entre os grupos son moi diferentes, en canto a número, tipo e orde de aparición.

No grupo O/O' identifícanse máis desempeños en número e tipo que nos outros grupos. Empeza propoñendo o procedemento a seguir, de feito considera hasta 4 procedementos diferentes ao longo do proceso de diferentes tipos: a) cualitativo, observar o desgaste da cuncha (procedemento 1); e b) cuantitativo, recoller o gas desprendido (procedemento 2), medir a temperatura (procedemento 3) e medir o desprendemento de gas utilizando un globo (procedemento 4). Este grupo é o único no que aparece a categoría control de variables, e se identifica xa no inicio do proceso despois de propoñer os procedementos 1 e 2, no que controlan o tipo de cuncha e tamaño de cuncha a utilizar. Durante o proceso aparecen máis episodios relativos a esta categoría nos que se controla tanto o volume de ácido clorhídrico como a masa de cuncha. Tamén consideran medir cada mostra por duplicado, aparecendo a reproducibilidade aínda que non o xustifican de forma correcta. En cambio, para seleccionar o tipo de mostras a utilizar, é dicir que hai tres mostras (cunchas lavadas con pasta x, cunchas lavadas con pasta y e cunchas lavadas con auga, que representan a mostra control) precisan da axuda do profesor.

No grupo P/P' identifícanse poucos desempeños diferentes. Este grupo non propón un procedemento a seguir e empeza identificando os materiais que precisan para resolver a tarefa, cunchas e ácido. Este desempeño solábase co seguinte, a medida de magnitudes, no que indican de forma pouco precisa as cantidades de cada magnitude a medir, neste caso propoñen o mesmo volume de ácido que de masa de cuncha. A continuación propoñen o número e tipo de mostras tamén de forma pouco precisa (unha de cada tipo). Despois propoñen empregar como método de medida do desprendemento de gas o de recollelo cunha probeta invertida mais non xustifican a súa elección. A continuación seleccionan o tipo e número de mostras de forma máis precisa coa axuda do profesor,

propondo empregar 6 cunchas, dúas de cada tipo. Finalmente explican por que elixen 6 atendendo a criterios implícitos de reproducibilidade.

O grupo T/T' empeza propondo un procedemento, moi pouco preciso que van completando ao longo do proceso coa axuda do profesor mais non conseguen propoñer un axeitado. A continuación, coa axuda do profesor seleccionan a masa de cuncha a utilizar (0,5 gramos) e o número de mostras (cunchas) de forma pouco precisa sen especificar cantas de cada tipo (primeiro entre cinco e dez e máis adiante propoñen un número par). Ademais o profesor axúdalles co procedemento, no que propoñen engadir ácido clorhídrico a cada cuncha por separado e tratar as cunchas coas pastas antes de engadirlle o ácido. Como método de medida do desprendemento de gas indican dous mais non os explican (a simple vista e utilizando o globo). Neste grupo non teñen en conta o control de variables, mais ben todo o contrario xa que no último episodio correspondente á medida de magnitudes propoñen variar as cantidades de ácido en cada proba. Tampouco consideran repetir as probas, polo que non se identifican episodios de reproducibilidade, xa que cara ao final propoñen empregar catro mostras de cada tipo de cuncha mais non explican por que.

Da análise dos procesos anteriores conclúese que ningunha das propostas de deseño formuladas permite resolver a tarefa de forma totalmente axeitada. Este problema soluciónase na fase de posta en común dos distintos deseños, na que o profesor axuda a completar as propostas a través de preguntas abertas e algunha indicación técnica. A andamiaxe levada a cabo polo profesor para axudar ao alumnado coa proposta dos deseños analízase no capítulo 9.

7.4.2 Proposta de deseño na tarefa 2

Nesta tarefa as decisións teóricas que o alumnado ten que tomar para propoñer o deseño son sobre o material necesario para identificar e separar as substancias do pedido roto (imán, circuío eléctrico, recipiente con auga, etc.), sobre os métodos de separación, identificación e manipulación das substancias. En canto ás decisións prácticas deben seleccionar unha porción de mostra de cada recipiente, propoñer como medir a conductividade das substancias solubles e non solubles ou

como comprobar se as substancias teñen propiedades magnéticas. Na figura 7.3 resúmense os desempeños de cada pequeno grupo ao longo da tarefa 2.

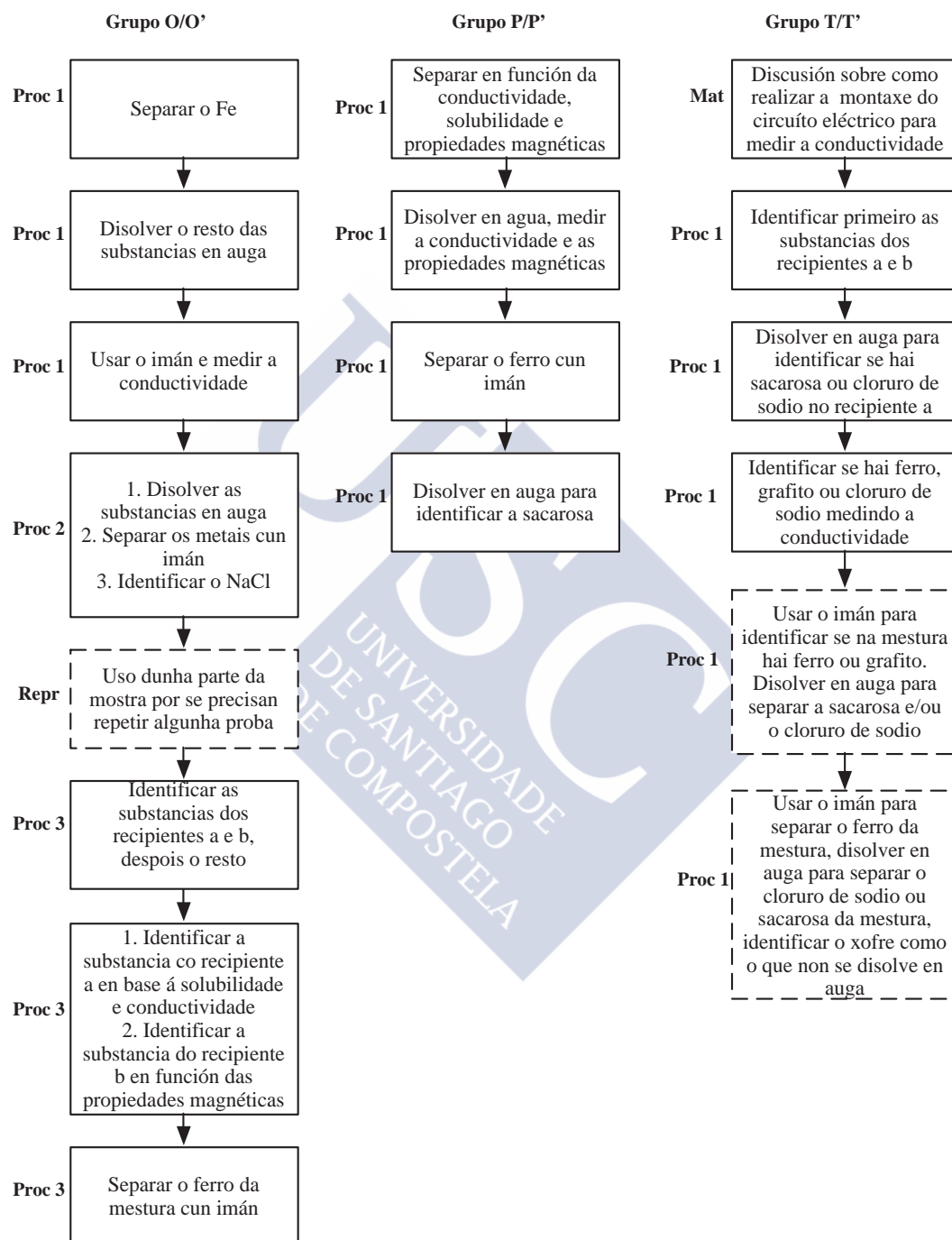


Figura 7.3 Desempeños da operación proposta de deseño na tarefa 2.

Lenda: Proc=procedemento; Mat=materiais; liña continua= sen axuda do profesor; liña discontinua= con axuda do profesor.

Na figura 7.3 obsérvanse diferenzas nos desempeños dos distintos grupos. O grupo O/O' propón tres procedementos diferentes para resolver a tarefa: de forma xeral indicando as propiedades a medir: solubilidade, conductividade e propiedades magnéticas (procedemento 1), precisa o anterior indicando como medir algunhas das propiedades citadas (procedemento 2), e por último cara ao final do proceso propón identificar primeiro as substancias dos recipientes a e b que están sen mesturar e despois a mestura (procedemento 3). Completan este procedemento indicando como identificar cada substancia en función das súas propiedades características, por exemplo o recipiente a mediante a solubilidade e conductividade eléctrica e o recipiente b mediante as propiedades magnéticas. Para rematar indican como separar o ferro da mestura (sen saber se o ferro se atopará na mestura ou no recipiente b). Entre os procedementos 2 e 3 aparece a categoría reproducibilidade, cando o alumnado, coa axuda da investigadora, decide utilizar só unha parte da mostra e non toda por se teñen que repetir algunha proba.

No grupo P/P' só se identifica a categoría de procedemento. Este grupo só leva a cabo un procedemento que vai evolucionando de xeral a preciso ao longo do proceso. No principio propoñen separar as substancias (non indican cales) en base ás propiedades descritas no guión (solubilidade, conductividade e propiedades magnéticas), despois propoñen como separar o ferro da mestura (empregando un imán) e como identificar a sacarosa (disolvéndoa en auga). Este grupo non ten en conta que hai tres recipientes, dous sen mesturar (a e b) que conteñen respectivamente un sólido en po de cor branca e un sólido en po de cor gris, e outro no que se mesturaron tres substancias con aparencia (branca, amarela e gris). Por tanto non propoñen como separar e identificar as cinco substancias do pedido que coñecen de antemán porque se lles indican no guión.

No grupo T/T' identifícanse dúas categorías, a proposta de materiais e a de procedemento. O proceso empeza cunha discusión sobre como realizar a montaxe do circuíto eléctrico que van empregar para medir a conductividade eléctrica das substancias (neste momento non dispoñen dos elementos materiais, xa que se lle entregan na seguinte sesión, na que realizan a posta en práctica do deseño). A

continuación e até o final do proceso discuten sobre o procedemento. Primeiro deciden identificar as substancias dos recipientes a e b e propoñen disolver a substancia en auga para averiguar se hai sacarosa ou cloruro de sodio. A continuación propoñen medir a conductividade eléctrica para averiguar se a substancia é ferro, grafito ou cloruro de sodio. Neste caso non están tendo en conta a información sobre a cor das substancias para descartar algunhas posibilidades, xa que se no recipiente a hai unha substancia de cor branca non pode ser nin ferro nin grafito. A continuación intervén o profesor e coa súa axuda propoñen usar o imán para identificar se na mestura hai grafito ou ferro e disolver os compoñentes restantes en auga para separar o cloruro de sodio ou a sacarosa das substancias non solubles.

Nesta tarefa as propostas de deseño dos grupos O/O' e P/P' non permiten resolver a tarefa de forma axeitada, xa que non contemplan os métodos de separación e identificación de todas as substancias. A do grupo O/O' céntrase na identificación das substancias dos recipientes a e b mentres que na mestura só indican como separar o ferro. A do grupo P/P' non fai referencia aos procesos de separación dos compoñentes da mestura, previos á identificación. Ademais as probas de identificación non están referidas a cada recipiente senón que as propoñen de forma xeral. A proposta do grupo T/T' si permite resolver a tarefa, xa que inclúe tanto os procesos de separación como os de identificación de substancias para cada recipiente, mais grazas á axuda do profesor.

7.4.3 Proposta de deseño na tarefa 3

Nesta tarefa, de natureza similar á anterior, as decisións teóricas que o alumnado ten que tomar para propoñer o deseño son sobre os métodos de identificación das posibles substancias contaminantes (previamente identificadas nos anuncios das fábricas que operan no polígono industrial polo que pasa o río contaminado que se indican no guión da tarefa) e os métodos de manipulación das substancias. En canto ás decisións prácticas son sobre a selección do número e cantidade das porcións de mostra de auga e sobre os métodos de separación dos contaminantes

da auga para posteriormente realizar as probas identificación correspondentes. Na figura 7.4 resúmense os desempeños de cada pequeno grupo na tarefa 3.

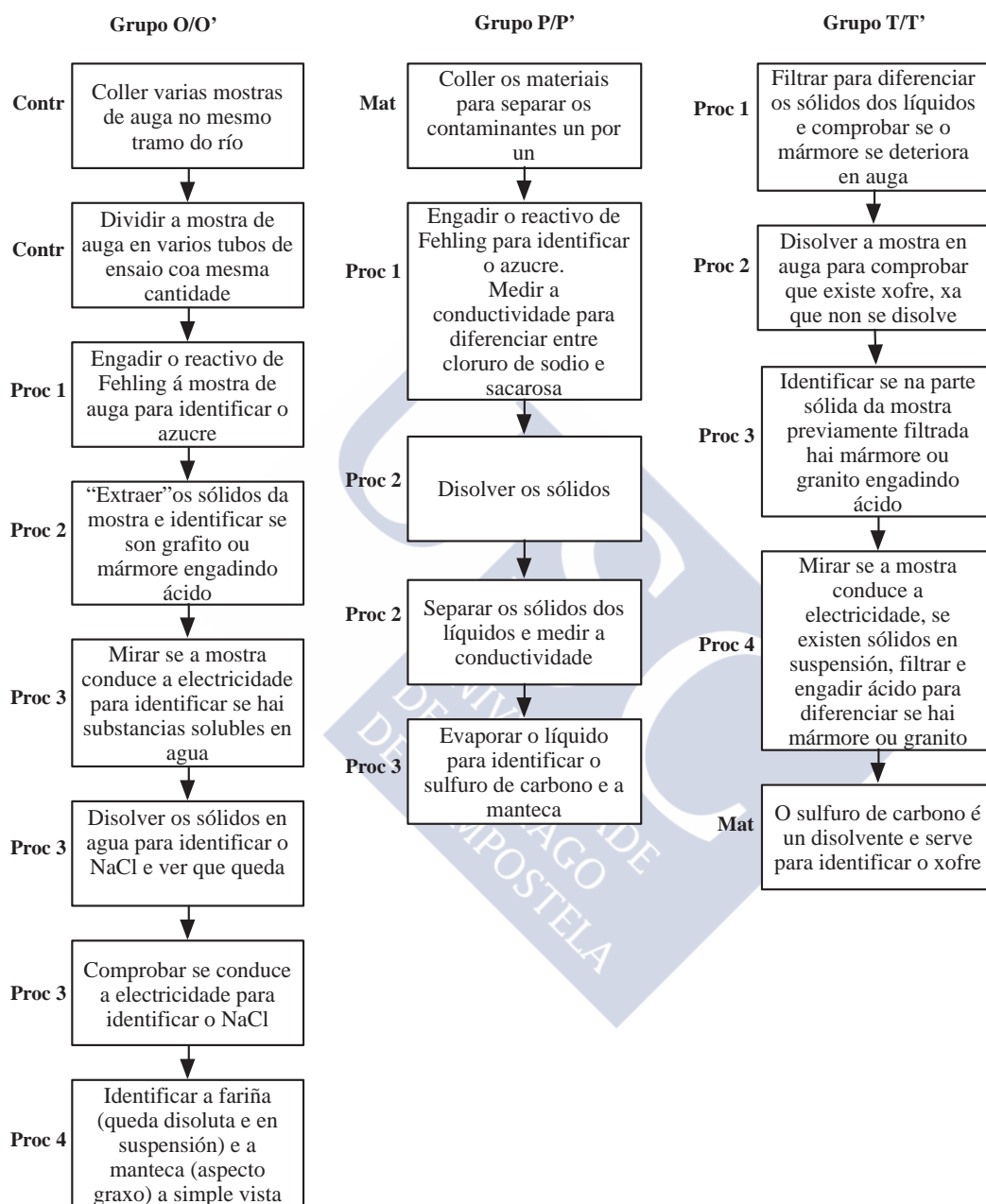


Figura 7.4 Desempeños da operación proposta de deseño na tarefa 3.

Lenda: Proc=procedemento; Mat=materiais; Contr= control de variables.

Os desempeños dos pequenos grupos nesta tarefa son diferentes en canto á orde, tipo e número. O grupo O/O' empeza proponendo como tomar as mostrás de auga no propio río, cando en realidade a mostra de auga xa a teñen na aula. Neste

primeiro momento teñen en conta o control de variables xa que propoñen coller varias mostras no mesmo tramo do río. Este desempeño e o seguinte, codificado tamén como control de variables, no que propoñen dividir a mostra de auga en varios tubos de ensaio coa mesma cantidade, solápanse co de proposta de mostras. A continuación levan a cabo o desempeño proposta de procedemento, en particular propoñen catro procedementos diferentes, mais pouco detallados, correspondentes á identificación dunha ou varias substancias. No procedemento un propoñen como identificar a presenza da sacarosa na auga, no dous identificar se hai mármore ou granito, no tres como identificar o cloruro de sodio e no catro como identificar a presenza da fariña e a manteca.

No grupo P/P' identifícanse dous tipos de desempeños, proposta de materias e de procedemento. Empezan solicitando os materiais para levar a cabo a separación dos contaminantes da mostra un a un, cando non saben como identificalos. A continuación propoñen o procedemento 1 no que van utilizar o reactivo de Fehling para identificar a sacarosa na auga e medir a conductividade da mostra para diferenciar a sacarosa do cloruro de sodio. No procedemento 2 propoñen disolver os sólidos da mostra e medir a conductividade sen indicar que pretenden identificar con este desempeño. Finalmente como procedemento 3 propoñen evaporar o líquido para identificar o sulfuro de carbono e a manteca.

No grupo T/T' identifícanse os mesmos tipos de desempeños que no grupo P/P', proposta de materiais e de procedemento. Ao principio indica como identificar os contaminantes a través de catro procedementos. Primeiro propoñen filtrar a mostra para separar os sólidos do líquido e comprobar se o mármore se deteriora en auga. Como segundo procedemento propoñen disolver a mostra en auga para comprobar se existe xofre porque é insoluble en auga. No procedemento tres propoñen engadir ácido aos sólidos filtrados para comprobar se hai mármore ou grafito. E como procedemento 4 fan un resumo dos tres anteriores e amplían as probas a realizar: propoñen comprobar se a mostra conduce a electricidade, se hai sólidos en suspensión, filtrar e engadir ácido para diferenciar se hai mármore ou granito. O outro tipo de desempeño que levan a cabo, a proposta de materiais, consiste en identificar como disolvente o sulfuro de

carbono e a súa utilidade (proba de identificación do xofre, xa que é soluble nel). Consideramos que este desempeño solábase co de proposta de procedemento.

En resumo, ningunha das tres propostas permitiría identificar todos os posibles contaminantes da mostra de auga, xa que en todas faltan probas de identificación, por exemplo a presenza do carbono, xofre, manteca ou fariña. Ademais a proposta do grupo P/P' está incompleta xa que non teñen en conta que hai que separar varias porcións da mostra para realizar cada proba de identificación, non propoñen como identificar. E o procedemento tres que propoñen non permitiría identificar a manteca e confunden o sulfuro de carbono, que é un disolvente a utilizar na identificación do xofre, cun dos contaminantes. No grupo T/T' a proposta presenta procedementos non válidos para resolver a tarefa, por exemplo o dous, xa que ademais do xofre na mostra existen outros posibles contaminantes que non son solubles en auga.

Para solucionar as carencias das propostas de deseño, na posta en práctica o profesor vai preguntando nos grupos sobre cada proba que van realizar e amósalles como se realizan algunhas descoñecidas para o alumnado como a identificación da sacarosa mediante o reactivo de Fehling ou a disolución do xofre en sulfuro de carbono por ser este disolvente tóxico. A través de preguntas abertas axúdalles a identificar as substancias que non teñen en conta no deseño. Cabe sinalar que o propósito da tarefa non é a identificación das substancias contaminantes senón das fábricas responsables da contaminación da auga do río. Para iso deben identificar primeiro os contaminantes presentes na auga para despois relacionalos coa materia prima que emprega cada fábrica para a elaboración dos seus produtos e identificar fábricas responsables da contaminación do río. Este último paso non está incluído nos deseños dos grupos e, como se discute no capítulo 8, implica que algúns só resolvan a tarefa de forma parcial, xa que se quedan na identificación das substancias.

7.4.4 Proposta de deseño na tarefa 4

Nesta tarefa o alumnado ten que seleccionar o material que precisan utilizar, tomar decisións teóricas sobre o tipo de probas de identificación a levar a cabo ou

sobre como manipular as mostras e tomar decisións prácticas como o número de mostras no que deben dividir a substancia problema para a súa identificación, decidir como identificar a composición, como medir o pH e as proporcións de substancia problema e reactivos a utilizar en cada proba. Na figura 7.5 resúmense os desempeños de cada pequeno grupo na tarefa 4.

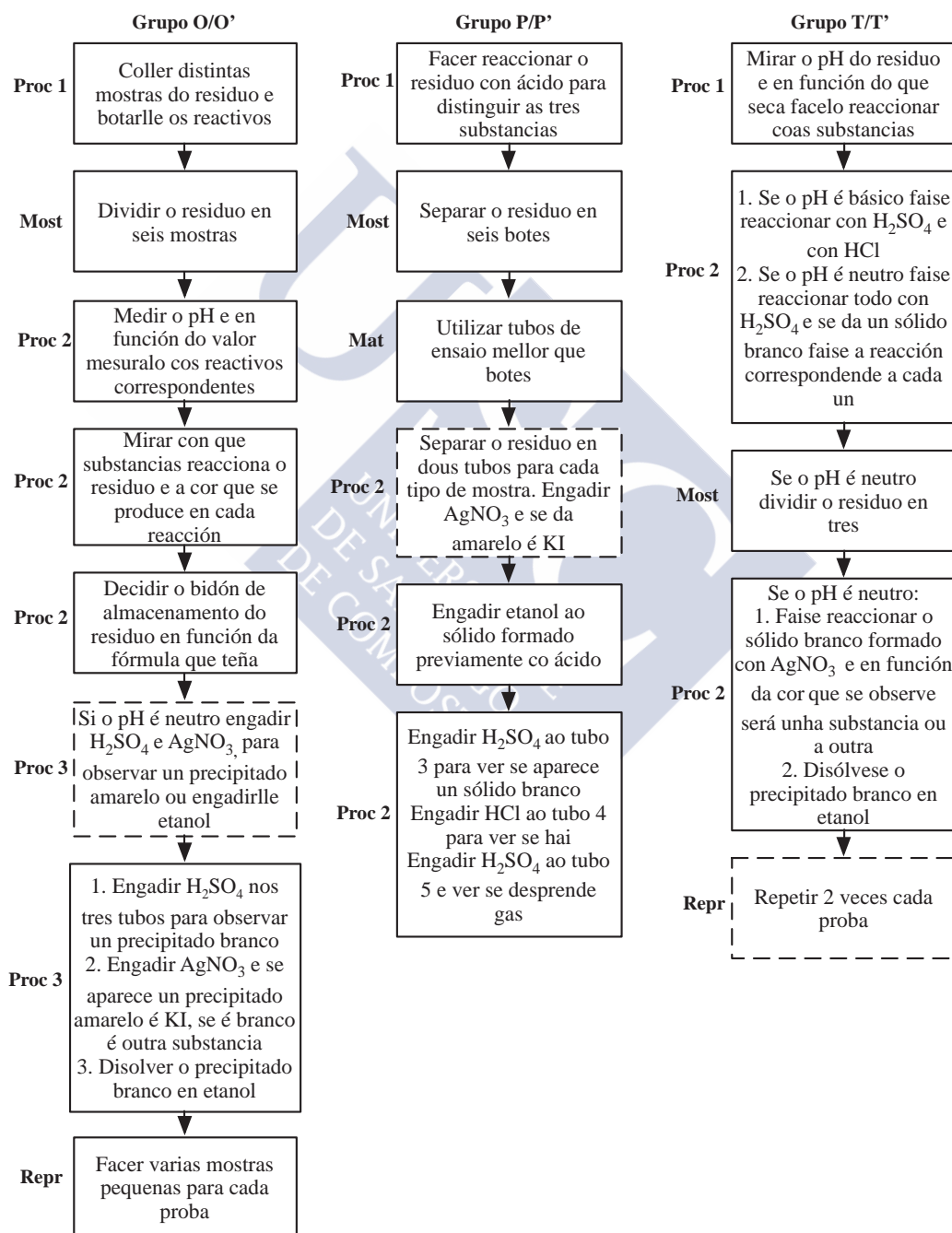


Figura 7.5 Desempeños da operación proposta de deseño na tarefa 4.

Lenda: Proc=procedemento; Most=mostras; Repr= reproducibilidade; liña continua= sen axuda do profesor; liña discontinua= con axuda do profesor

O grupo O/O' propón tres procedementos dos que o primeiro e o segundo están pouco definidos, mentres que no terceiro concretan as probas que van facer coa axuda do profesor. Empezan propoñendo o procedemento que consiste en coller distintas mostras do residuo e engadir os reactivos. A continuación deciden o número de mostras nas que vai dividir a porción de residuo (seis) e propoñen o procedemento dous que consiste en medir o pH do residuo, en función do resultado (ácido, básico ou neutro) realizar as probas de identificación que se indican no guión e unha vez identificado o residuo seleccionar o bidón de residuos correspondente en función da súa composición. Despois do procedemento 2 intervén o profesor que lles axuda a precisar as probas de identificación que van realizar e propoñen o procedemento 3. Este procedemento consiste tres accións: 1) engadir ácido sulfúrico para comprobar se observan a formación dun precipitado branco; 2) engadir nitrato de prata ao precipitado branco formado na acción 1 e observar: a) se aparece un precipitado amarelo, o que indica que o residuo é ioduro potasio; ou b) se aparece un precipitado branco será outra substancia (cloruro de sodio) que non indican; e 3) Disolver o precipitado branco en etanol. Ademais da proposta de procedemento no final levan a cabo o desempeño proposta de reproducibilidade na que indican que van facer varias mostras para cada proba.

O grupo P/P' propón dous procedementos, o primeiro está incompleto e non se comprende que pretenden facer, e o segundo contén todas as probas de identificación das posibles substancias que forman o residuo. Este grupo empeza propoñendo o procedemento 1 no que indican que van engadir ácido para separar as tres substancias, mais non indican cales son. A continuación deciden separar o residuo en seis botes mais despois precisan que en vez de botes van empregar tubos de ensaio, o que constitúe o desempeño proposta de materiais. Despois propoñen o procedemento 2, coa axuda inicial do profesor, que consiste en realizar 5 probas de identificación: 1) engadir nitrato de prata para comprobar se o residuo é ioduro de potasio; 2) engadir etanol ao sólido previamente formado ao

reaccionar co ácido (procedemento 1); 3) engadir ácido sulfúrico para ver se aparece un sólido branco; 4) engadir ácido clorhídrico para ver se hai óxido de aluminio (no guión pon hidróxido); 5) e engadir ácido sulfúrico para ver se se desprende gas.

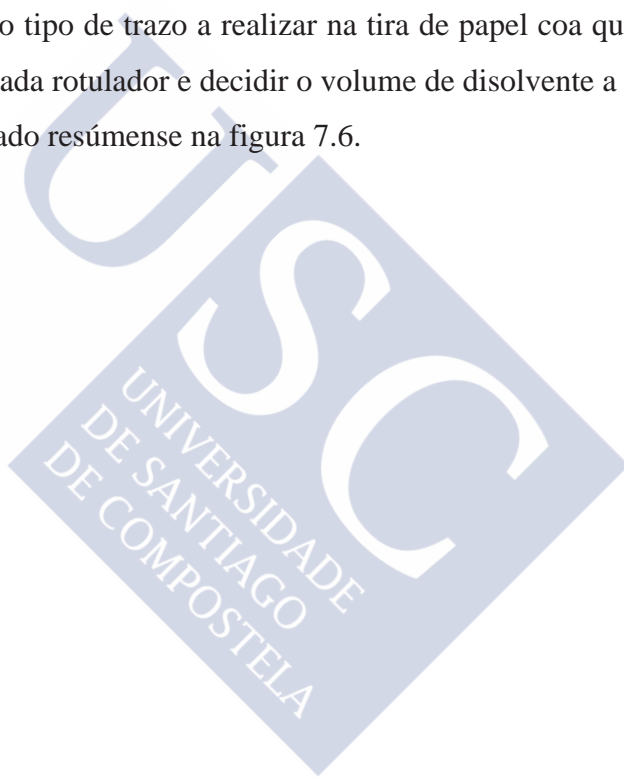
O grupo T/T' tamén propón dous procedementos, un deles máis definido que o outro, indica o número de mostras a utilizar e ten en conta a reproducibilidade. Comeza propoñendo o procedemento 1, que consiste en medir o pH do residuo e en función do mesmo facelo reaccionar coas substancias correspondentes. A continuación propón o procedemento 2, máis detallado, que consiste en realizar as probas de identificación correspondentes en función do pH: se é básico faise reaccionar con ácido sulfúrico e con ácido clorhídrico, se é neutro faise reaccionar todo con ácido sulfúrico e se aparece un precipitado branco fanse as probas de identificación correspondentes a cada substancia. Despois propoñen o número de mostras nas que se vai dividir o residuo se o pH é neutro (tres) e completan o procedemento 2 indicando as probas de identificación para cada substancia susceptible de ser a composición do residuo. Por exemplo engadir nitrato de prata para observar se se produce un sólido branco ou amarelo. Por último, coa axuda do profesor, teñen en conta a reproducibilidade das probas de identificación propoñendo repetir cada proba por duplicado.

En resumo, a idoneidade das propostas de deseño dos grupos é diferente, a do grupo O/O' aínda que non está completa permite a resolución da tarefa, xa que propoñen como identificar a composición do residuo en base ás probas sinaladas no guión da tarefa e como seleccionar o bidón de residuos no que depositalo. A do grupo T/T' permite resolver parcialmente a tarefa, xa que detalla como identificar a composición do residuo en base ás probas propostas no guión da tarefa mais non como seleccionar o bidón de residuos no que teñen que almacenalo. Pola contra, a do grupo P/P' non permite resolver a tarefa xa que propón realizar todas as probas de identificación de substancias, mais non indica de forma ordenada como as vai realizar nin teñen en conta que cada proba das que indican é específica de determinados valores de pH. Ademais non propoñen como seleccionar o bidón de residuos no que depositalo, que é o propósito xeral da tarefa.

Na posta en práctica os grupos realizan as probas establecidas nas propostas de deseño, incluído o grupo P/P' o que lle leva a non identificar correctamente o residuo. Neste caso a andamiaxe do profesor consiste en amosar como se produce a formación dun precipitado xa que é algo novo para o alumnado.

7.4.5 Proposta de deseño na tarefa 5

Nesta tarefa o alumnado ten que seleccionar o material que precisa utilizar, tomar decisións teóricas sobre o procedemento para realizar a cromatografía, tomar decisións prácticas como o tipo de trazo a realizar na tira de papel coa que se vai facer a cromatografía de cada rotulador e decidir o volume de disolvente a utilizar. Os desempeños do alumnado resúmense na figura 7.6.



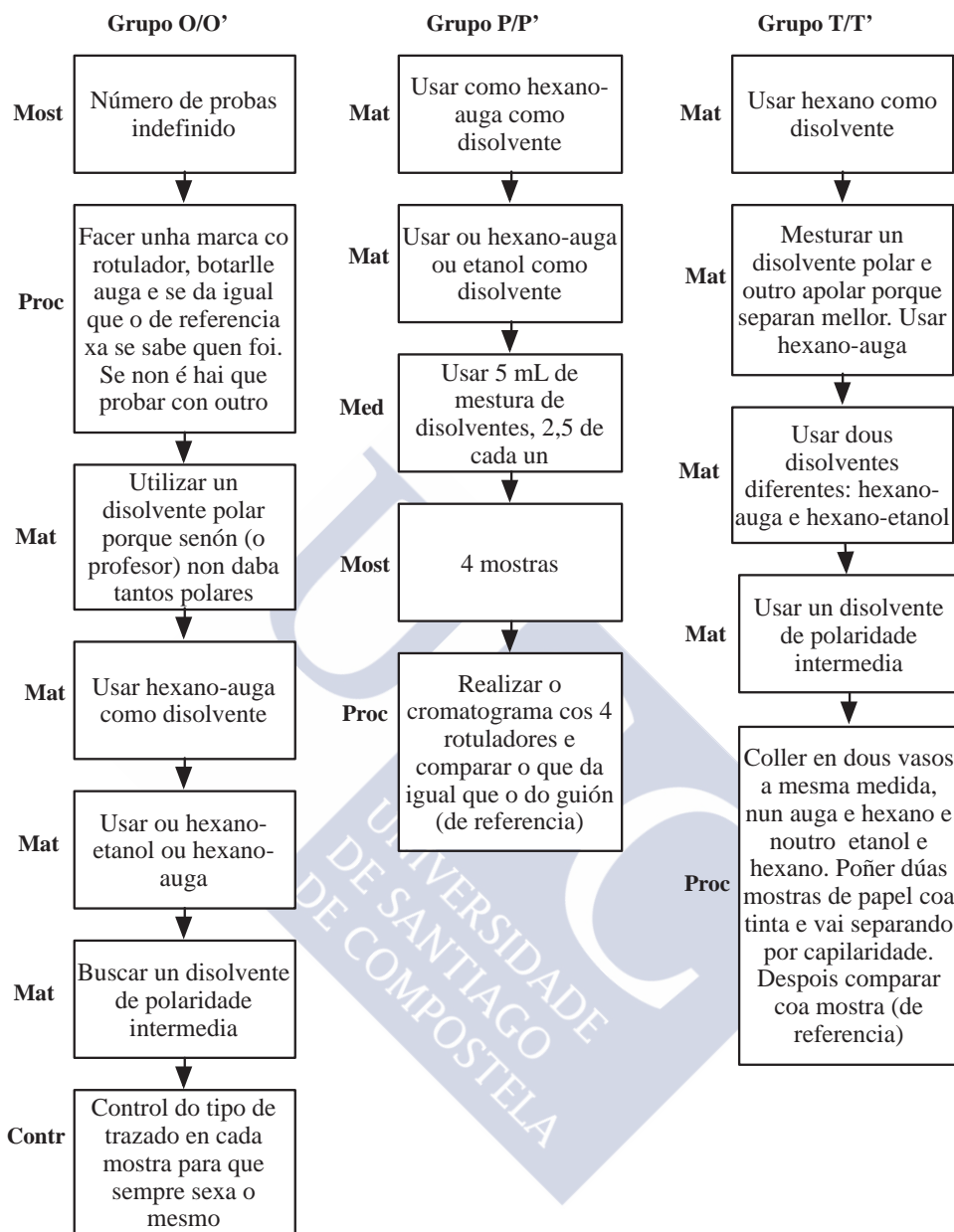


Figura 7.6 Desempeños da operación proposta de deseño na tarefa 5.

Lenda: Proc=procedemento; Most=mostras; Mat= materiais; Contr= control de variables.

Na tarefa 5, os desempeños dos pequenos grupos céntranse na proposta de materiais, en particular na selección do disolvente a utilizar como eluínte (fase móbil) na cromatografía. Cabe sinalar que esta é unha preguntas previas ao deseño mais o alumnado o integra na proposta de deseño. O grupo O/O' propón realizar un número indefinido de mostras, non selecciona o número en función da

cor do rotulador e tipo de letra que sexan similares á do anónimo. A continuación propón o procedemento pouco defenido que consiste trazar unha liña co rotulador no papel co que se vai realizar a cromatografía e se coincide co de referencia ese rotulador será co que se escribiu o anónimo. Despois do procedemento discuten sobre o disolvente a utilizar na cromatografía que se corresponde co desempeño proposta de materiais na que deciden utilizar un disolvente de polaridade intermedia (mestura hexano-etanol, ou hexano-auga). Por último teñen en conta o control de variables xa que suxiren realizar o mesmo tipo de trazado con todos os rotuladores.

No grupo P/P' aparecen catro tipos de desempeños: proposta de materiais, de medida, de mostras e de procedemento. Empeza propoñendo o disolvente a utilizar na cromatografía: unha mestura de hexano e auga ou etanol. A continuación precisan as cantidades de cada disolvente a utilizar para facer a mestura (2,5 mL de cada) e o número de mostras (cromatogramas) a realizar. Para a proposta do número de mostras teñen en conta a información do guión da tarefa sobre a marca e cor de cada rotulador e o tipo de letra de cada alumno ao que pertencen, que teñen que coincidir coa cor e tipo de letra coa que se escribiu o anónimo. Empregando esa información dedúcese que só hai catro posibles sospeitosos, que coincide co número de mostras que propón este grupo. Por último propoñen o procedemento que consiste en realizar a cromatografía dos catro rotuladores e comparalos co de referencia.

No grupo T/T' identifícanse dous tipos de desempeños: proposta de materiais e de procedemento. Catro dos cinco desempeños da figura están relacionados coa selección do disolvente (os catro primeiros) e o último é a proposta de procedemento que consiste en coller a mesma medida de disolvente en dous vasos, nun unha mestura de hexano-auga e noutro etanol-hexano, poñer dúas mostras de tinta e separala por capilaridade. Despois comparar a separación coa mostra de referencia. Con esta proposta de procedemento solápanse outros desempeños: a proposta de mostras (dúas mostras de tinta), de materiais (usar como disolventes hexano e auga nunha proba e noutra etanol e hexano) e o control de variables (empregar a mesma medida de disolvente en ambas probas). Aínda

que non precisan o número e tipo de rotuladores a utilizar, esta proposta de deseño permite resolver a tarefa.

En resumo, as propostas de deseño dos tres grupos, aínda que están pouco detalladas, permiten resolver a tarefa.

Na posta en práctica o alumnado leva a cabo a proposta de deseño e todos resollen a tarefa de forma satisfactoria. A intervención do profesor durante a posta en práctica é menor que no deseño, proporcionando pequenas axudas cando é preciso, como se discute no seguinte apartado.

A continuación discútese a evolución do alumnado na proposta de deseño ao longo do estudo.

7.5 Evolución do alumnado no desempeño proposta de deseño

Neste apartado examínase a evolución do alumnado na proposta de deseño ao longo do estudo. Tendo en conta o discutido no capítulo 6, no que sinalamos que os procesos de indagación dependen do contido e natureza das tarefas, non é posible identificar progresión para cada desempeño específico das operacións epistémicas, mais si identificar pautas xerais de evolución no seu conxunto. Analízase pois a evolución do alumnado na operación de proposta de deseño en termos da maior *idoneidade* da mesma para resolver a tarefa e da maior *autonomía* do alumnado, é dicir da menor implicación do profesor na modificación das propostas.

Nas figuras 7.7, 7.8, e 7.9 represéntase a evolución de cada pequeno grupo ao longo das cinco tarefas. Os elementos de forma cadrada con liña continua representan os desempeños do alumnado e con liña discontinua os desempeños do alumnado axudados polo profesor. En canto aos elementos de forma redonda, representan a intervención ou ausencia dela do profesor na modificación da proposta de deseño durante a posta en práctica.

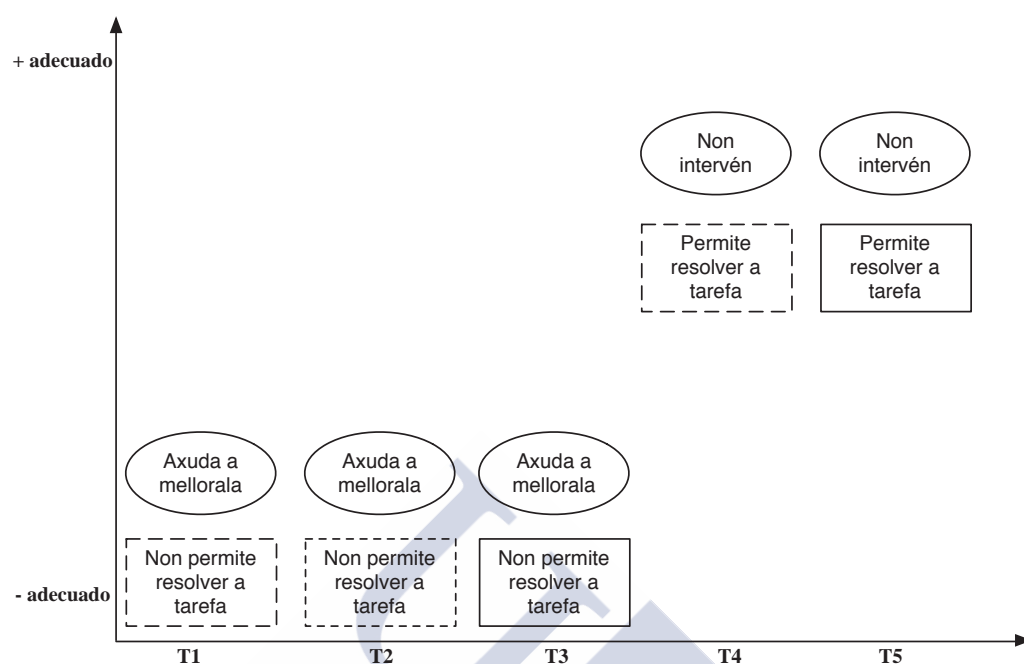


Figura 7.7 Evolución das propostas de deseño do grupo O/O'.

O grupo O/O' evoluciona a partir da tarefa 3 (segundo ano do estudo), no primeiro ano os deseños que propoñen non permiten resolver as tarefas. Na tarefa 3 o alumnado leva a cabo a proposta por eles mesmos, mais como non permite resolver a tarefa, o profesor leva a cabo accións para corríxila e mellorala durante a posta en práctica. Na tarefa 4 o alumnado propón un deseño que permite resolver a tarefa mais conta coa axuda do profesor, mentres que na tarefa 5 o alumnado propón o deseño sen a axuda do profesor e, aínda que non está completo, permite resolver a tarefa.

Na figura 7.8 represéntase a evolución do grupo P/P'.

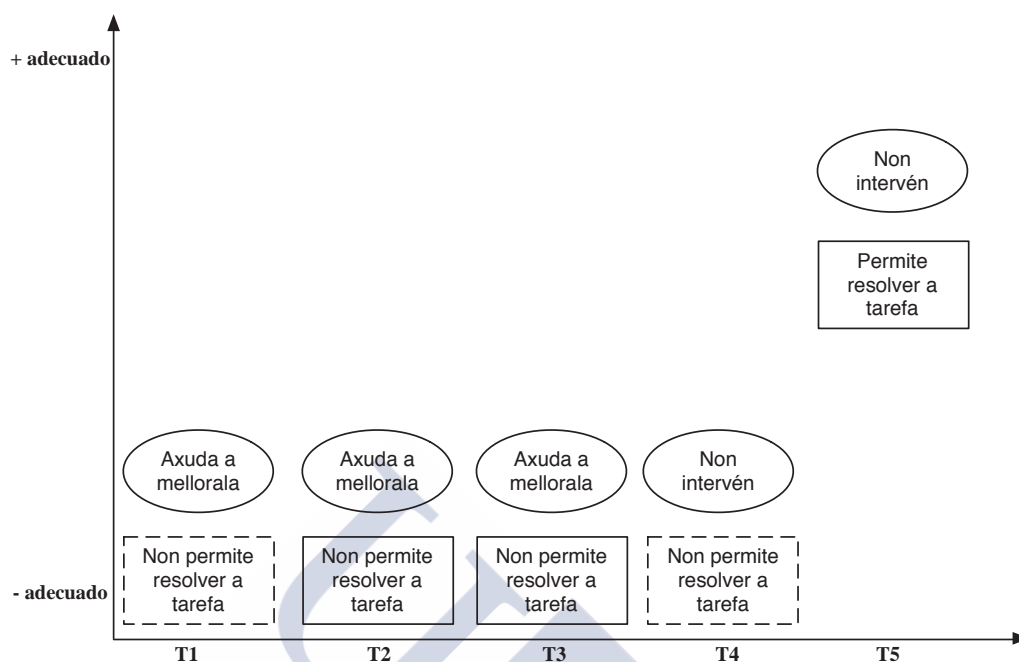


Figura 7.8 Evolución das propostas de deseño do grupo P/P'.

O grupo P/P' evoluciona a partir da tarefa 3. Nas tarefas 1 a 3 propón deseños que non permiten resolver a tarefa, precisando a axuda do profesor na posta en práctica. Na tarefa 4 o deseño tampouco é adecuado, mais non foi necesaria a axuda do profesor na posta en práctica. Na tarefa 5 propón un deseño que permite resolver a tarefa, aínda que a proposta non está completamente definida.

Na figura 7.9 represéntase a evolución do grupo T/T'.

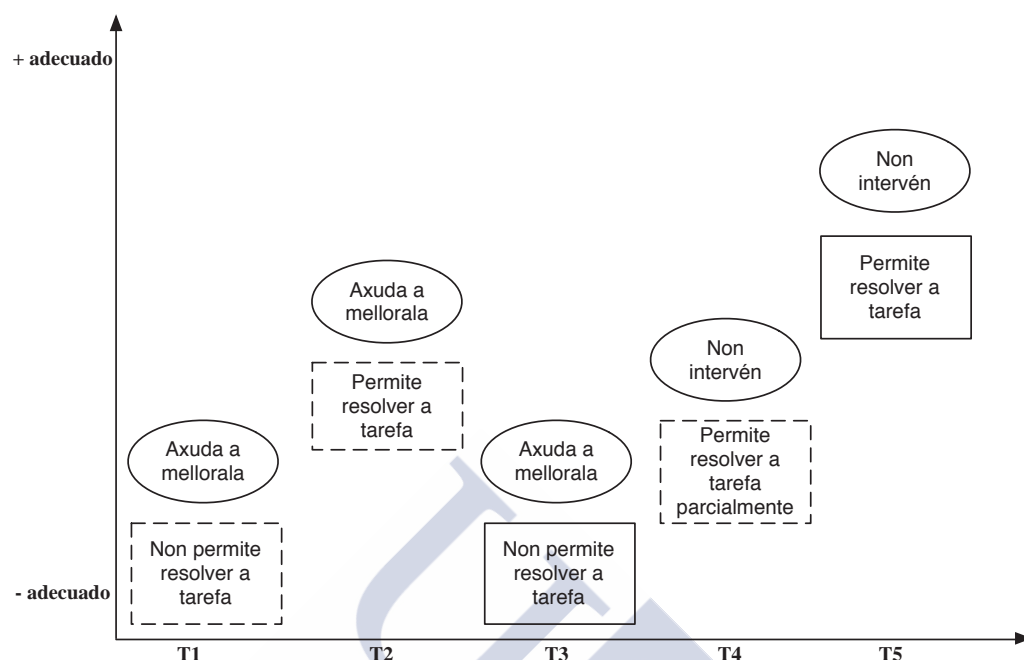


Figura 7.9 Evolución das propostas de deseño do grupo T/T'.

No grupo T/T' identifícanse unha evolución non lineal, da tarefa 1 a 2 o alumnado mellora proponendo un deseño que permite resolver a tarefa 2 mais con axuda do profesor. Esta evolución non se continúa no comezo do segundo ano do estudo (tarefa 3) na que a proposta de deseño, realizada por eles mesmos sen axuda, non permite resolver a tarefa. Na tarefa 4 propoñen un deseño que permite resolver a tarefa parcialmente, coa axuda do profesor e na tarefa 5 propoñen, sen a axuda do profesor, un deseño que permite resolver a tarefa.

A evolución dos grupos ao longo do estudo é diferente. No grupo O/O' a evolución empeza antes que nos outros grupos, na tarefa 4 xa elaboran un deseño que permite resolver a tarefa por eles mesmos e isto mantense na tarefa 5. Isto pode estar relacionado con que este grupo é o único que non incorpora novos membros do primeiro ao segundo ano. No grupo P/P' a evolución só se observa na tarefa 5, xa que as propostas das catro anteriores non permiten resolver a tarefa, aínda que si hai evolución na necesidade de axuda do profesor na posta en práctica, que non se precisa na tarefa 4. Este grupo é o que máis cambios sofre do primeiro ao segundo ano do estudo, xa que só mantén a dous dos membros iniciais e incorpora a unha alumna do grupo R (desaparecido no segundo ano) e a

un alumno repetidor que non está familiarizado con este tipo de actividades. O grupo T/T' evoluciona no segundo ano de forma progresiva a partir da tarefa 4, na que a proposta de só permite a resolución de forma parcial, á tarefa 5 na que a proposta permite a resolución completa da tarefa. Pensamos que a evolución deste grupo pode verse influída pola incorporación de Sara procedente do grupo S (desaparecido no segundo ano), que lidera o grupo tanto no primeiro ano como no segundo.

7.6 Discusión de resultados e conclusións parciais

Neste capítulo analízanse os desempeños do alumnado nas as operacións epistémicas proposta de deseño e posta en práctica do deseño ao longo do estudo. A análise responde ao primeiro obxectivo de investigación *“Examinar o desenvolvemento da competencia científica a través da participación do alumnado nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións e análise e interpretación de datos ao longo do estudo lonxitudinal de indagación no laboratorio”* e en particular ás preguntas: 1) *Cales son os desempeños do alumnado nas dúas operacións epistémicas de produción de coñecemento de proposta e posta en práctica dos deseños experimentais?* e 2) *Que evolución experimentan estes desempeños ao longo do tempo?*

Este estudo enmárcase na práctica científica de deseño e posta en práctica de investigacións (NRC, 2012) e na competencia en identificar cuestións científicas (OECD, 2007), que no marco máis recente recibe o nome de competencia en avaliar e deseñar indagacións científicas (OECD, 2013).

Segundo o documento do NRC (2012), a práctica de “deseño e posta en práctica de investigacións” inclúe para os graos 9 a 12 (equivalentes a 3º, 4º de ESO e bacharelato) desempeños como:

- Decidir os tipos e cantidades dos datos necesarios para obter medidas fiables.
- Considerar as limitacións sobre a precisión dos datos, por exemplo o número de probas a realizar, o tempo ou os riscos.
- Refinar o deseño en base ao anterior.

A competencia en identificar cuestións científicas, segundo o marco de PISA (OECD, 2007) avalíase tamén en función dos desempeños anteriores. Por exemplo no nivel 6 de competencia, o máis alto, espérase que o alumnado sexa quen de deseñar unha investigación para responder adecuadamente ás demandas dunha cuestión científica específica, así como identificar as variables que deben ser controladas nunha investigación e articular métodos para conseguir ese control.

Na literatura existen estudos que analizan os desempeños globais do alumnado no deseño de investigacións, dos que a maioría se centran en alumnado universitario (e.g. Bugaric, Zimbardi, Macaranas & Thorn, 2012; Etkina, Murthy & Zou, 2006). Os estudos sobre os desempeños do alumnado de secundaria céntranse en aspectos máis concretos do deseño, como o control de variables, por exemplo o estudo de Hofstein, Shore & Kipnis (2004) no que as actividades non están situadas nun contexto auténtico e os autores proporcionan ao alumnado algúns pasos a seguir na elaboración do deseño. Blonder, Mamlok-Naaman e Hofstein (2008) analizan como o alumnado de secundaria planifica os aspectos relativos á utilización dunha técnica concreta, a cromatografía, mais a actividade non presenta un problema para o alumnado nin está situado nun contexto auténtico.

A diferenza dos estudos anteriores, nesta tese examínanse todos os desempeños incluídos na operación “proposta de deseño” (procedemento, materiais, mostras, medida de variables e/ou magnitudes, control de variables e reproducibilidade) e compáranse coa posta en práctica. O propósito deste capítulo é contribuír ao coñecemento sobre os procesos implicados no deseño de investigacións nas que o alumnado ten que resolver un problema situado nun contexto auténtico.

Da análise dos desempeños do alumnado identifícanse diferenzas entre as operacións “proposta” e “posta en práctica do deseño”. Hai desempeños que aparecen só no deseño e non se consideran na posta en práctica. Por exemplo os procedementos levados a cabo polo grupo O/O’ son diferentes da súa proposta.

Outros desempeños como a medida non se consideran no deseño e si na posta en práctica. Esta pauta identifícase nos tres grupos nas tarefas 2, 3 e 4 nas que as magnitudes a medir son de tipo cualitativo (a conductividade utilizando un circuíto eléctrico conectado a uns electrodos de grafito e o pH con tiras de papel indicador). Pensamos que o feito de que non teñan que obter ningún valor numérico pode condicionar ao alumnado a non considerar na proposta a medida de magnitudes.

En canto aos procesos polos que o alumnado leva a cabo o deseño, representados nas figuras 7.2, 7.3, 7.4, 7.5 e 7.6, identifícanse diferenzas nos grupos en todas as tarefas, tanto na orde como no tipo de desempeños. O grupo O/O' é o que máis desempeños diferentes leva a cabo en todas as tarefas. Por exemplo, este grupo é o único que ten en conta o control de variables na proposta de deseño (nas tarefas 1, 3 e 5), e faíno autonomamente, sen necesidade de axuda do profesor. Creemos que este é un resultado relevante, que pode indicar o efecto desta secuencia de tarefas, dado que noutros estudos como o de Hofstein, Shore e Kipnis (2004), móstrase que só o alumnado de 12 grao (equivalente a segundo de bacharelato) con experiencia na planificación de investigacións teñen en conta o control de variables nos deseños experimentais.

O grupo O/O' é tamén o que elabora máis propostas diferentes para algúns desempeños, por exemplo para o procedemento a seguir. Cabe sinalar que este desempeño é o único que se identifica en todas as tarefas para todos os grupos (excepto no grupo P/P' na tarefa 1). Isto pode explicarse en base á consideración do procedemento como elemento central de toda investigación e esencial para a posta en práctica da mesma suxeridao por Girault, d'Ham, Ney, Sanchez e Wajeman (2012)

En canto á evolución do alumnado na operación “proposta de deseño”, os grupos progresan de forma diferente. O grupo O/O' evoluciona de propoñer deseños non axeitados nas tarefas 1 a 3 a deseños que si permiten resolver os problemas nas tarefas 4 e 5. O grupo P/P' evoluciona de propoñer deseños non axeitados na tarefa 1 a 4 a un deseño que permite resolver o problema na tarefa 5. O grupo T/T' é o que ten unha pauta menos clara, xa que evoluciona na tarefa 2,

propoñendo un deseño axeitado mais con axuda do profesor, retrocede na tarefa 3 volvendo a propoñer un deseño que non permite resolver a tarefa e evoluciona nas tarefas 4 e 5 propoñendo un deseño que permite resolver a tarefa de forma parcial no primeiro caso e un deseño axeitado no segundo.

Cabe destacar que os deseños, mesmo nalgúns casos nos que conducen á resolución da tarefa, son pouco precisos e pouco detallados. Isto coincide coa revisión de Zimmerman (2000) que sinala que o alumnado elabora deseños que proporcionan pouca información e son pouco sistemáticos. Pensamos, como Krajcik et al. (1998), que isto é debido á falta de familiarización con esta práctica, mais tamén á dificultade que presenta a resolución das actividades de indagación para o alumnado.

En canto ás implicacións, en base aos resultados do estudo, coincidimos con Puntambekar e Kolodner (2005) en sinalar que o alumnado necesita máis andamiaxe do profesorado durante a fase de planificación. Suxerimos que para mellorar a calidade das propostas de deseño do alumnado é preciso proporcionar andamiaxe previa á realización das planificacións. Xa que aínda que consideramos que as prácticas científicas se aprenden participando nelas, precísase instrución sobre os aspectos que debe incluír os deseños experimentais. Por exemplo, un alumno ou alumna non pode saber que é necesario controlar as variables de medida e repetir as medidas para obter resultados fiables e representativos se non recibe instrución previa.

Dado que o deseño condiciona a posta en práctica e os resultados das actividades de indagación, no capítulo 8 examínase o proceso de interpretación de resultados obtidos na posta en práctica dos deseños.

CAPÍTULO 8

CONTROL DO DESEMPEÑO E DOS RESULTADOS ANÓMALOS

8.1 Introducción

Este capítulo aborda os resultados á cuarta pregunta de investigación: *Como interpretan os resultados anómalos, regulan as anomalías e establecen as conclusións os estudantes ao longo do estudo?*

correspondente ao primeiro obxectivo de investigación da tese.

A análise céntrase na interpretación por parte do alumnado dos resultados anómalos obtidos por eles mesmos ao longo das cinco tarefas de laboratorio e no establecemento da conclusións, que se corresponde coa práctica científica de *análise e interpretación de datos* (NRC, 2012). Esta práctica, como se menciona no capítulo 2, implica que o alumnado use datos, ben proporcionados ou ben, como neste caso, xerados por eles nunha situación experimental (NGSS, 2013). Por exemplo, neste segundo caso, que sexa quen de presentalos nun formato que favoreza a identificación de pautas e relacións, e que este formato favoreza a comunicación dos resultados ao resto do grupo. Consideramos que esta é unha das principais prácticas que os científicos levan a cabo, xa que os datos en bruto poden ter distintos significados e unha análise dos mesmos e transformación a outros formatos (gráficos etc.) pode facilitar a comprensión do seu significado e da súa relevancia para seren empregados como proba.

Esta análise parte dos estudos de Chinn e Brewer (1993; 1998; 2001) sobre a reacción do alumnado ante os datos anómalos. Estes autores entenden por datos anómalos información científica que contradí as teorías do alumnado sobre o mundo físico e a súa reacción ante estes datos. Chinn e Brewer consideran que a

comprensión de como o alumnado reacciona ante os datos anómalos é fundamental para coñecer como ten lugar a aprendizaxe en ciencias. Para isto elaboran un marco de análise constituído por sete categorías (Chinn & Brewer, 1993):

1. Ignorar os datos anómalos: non decatarse de que o dato obtido é anómalo.
2. Rexeitar os datos anómalos: negar a validez dos datos e dar unha explicación de por qué os datos non son válidos.
3. Excluir os datos do dominio da teoría actual: considerar que os datos son irrelevantes para explicar a teoría actual.
4. Suspende o xuízo sobre os datos (*holding anomalous data in abeyance*): considerar os datos como válidos e a súa teoría debe ser quen de explicalos.
5. Reinterpretar os datos matendo a teoría actual: explicar os datos e función marco teórico actual.
6. Reinterpretar os datos e introducir cambios periféricos na teoría actual: aceptar os datos como válidos e explicalos facendo cambios mínimos na súa teoría.
7. Aceptar os datos e cambiar a teoría actual, posiblemente en favor da nova teoría: modificar as ideas actuais en favor dunha teoría alternativa.

Este marco de análise ampliase incluíndo una oitava categoría denominada *incerteza sobre a validez dos datos* cando se utiliza para examinar de forma empírica as respostas ante resultados anómalos por parte de alumnado universitario (Chinn & Brewer, 1998). Esta categoría inclúe as respostas nas que o alumnado non está seguro de se os datos son válidos ou non, non proporciona unha explicación de como eses datos puideron obterse e non hai cambio de teoría.

O marco destes autores proporciona unha ferramenta para analizar como responden os estudantes cando os seus coñecementos científicos entran en conflito coa información proporcionada durante a instrución. Segundo Kanari e Millar (2004) hai dous tipos de datos: *primarios* que son os recollidos polo alumnado nunha actividade experimental e *secundarios* que son proporcionados a partir doutros estudos reais ou imaxinarios, por exemplo por escrito.

Neste capítulo analizamos informacións xeradas polo alumnado na posta en práctica de investigacións, é dicir datos primarios. A diferenza é que no caso de Chinn e Brewer (1993) os investigadores introducen datos anómalos externos mentres que no noso caso os resultados anómalos son xerados involuntariamente polo alumnado. A resposta do alumnado fronte aos resultados anómalos pode ser utilizada para promover o cambio conceptual o que é examinado por distintos autores (e.g. Brown & Clement, 1989; Chan, Burtis & Bereiter, 1997).

En canto á reacción do alumnado ante datos xerados experimentalmente existen poucos estudos. Shepardson e Moje (1999) examinan como o alumnado de primaria interpreta datos derivados da observación e manipulación de circuitos eléctricos e analizan como a obtención de resultados anómalos por parte do alumnado contribúe á restructuración do coñecemento sobre o tema. Toplis (2007) examina como alumnado de secundaria responde ante os resultados anómalos cando avalían investigacións científicas levadas a cabo por eles mesmos. Este autor indica que o alumnado reconece os resultados anómalos durante ou inmediatamente despois da súa obtención, mais observa pouca discusión sobre as razóns que conducen á obtención dos mesmos.

Lin (2007) emprega o marco de Chinn e Brewer (1998) para analizar a reacción do alumnado ante os datos xerados en contextos experimentais. Este autor propón unha variante na categoría da incerteza ante os resultados anómalos, con respecto ao marco de Chinn e Brewer (1998): incerteza na validez do dato ou na interpretación. Tamén analiza como as respostas poden producirse de forma directa ou a través de un mediador. Lin entende como mediador unha actividade explícita que asiste ao alumnado na formación da súa resposta ante os resultados anómalos, identificando dous tipos de mediadores: discusión e confirmación.

Outros estudos examinan a reacción do alumnado ante resultados anómalos proporcionados en informes escritos derivados de investigacións. Pickering e Monts (1982) analizan os informes producidos por alumnado universitario no laboratorio e indican que o 45% rexeita os datos discordantes xustificándoo en base a erros metodolóxicos, aínda cando os datos son correctos. O proxecto Coñecemento Conceptual e Procedimental en ciencias (PACKS) explora as ideas

dos estudantes sobre a validez dos datos experimentais, a través dun instrumento escrito (Lubben & Millar, 1996), sinalando que só o 13% do alumnado de 16 anos (maior idade dos participantes no estudo) rexeita resultados anómalos nun conxunto de textos escritos.

Neste capítulo analízanse as reaccións do alumnado ante os datos obtidos durante a posta en práctica de investigacións no laboratorio, as causas que dan lugar a estes datos, o efecto que os resultados anómalos teñen nas conclusións das investigacións levadas a cabo e a evolución do alumnado na interpretación e regulación de resultados anómalos ao longo do estudo. En primeiro lugar preséntase a rúbrica elaborada para a análise da interpretación dos resultados anómalos e da súa regulación, en segundo examínase os procesos de interpretación e regulación de datos e en terceiro discútese os resultados obtidos.

8.2 Deseño das ferramentas de análise

Neste apartado discútese o proceso de elaboración da rúbrica de análise, as categorías resultantes e ilústranse con exemplos de cada pequeno grupo. A rúbrica parte dos estudos de Chinn e Brewer (1993; 1998) sobre a reacción do alumnado ante os resultados anómalos e adáptase para o contexto de laboratorio.

8.2.1 Proceso de elaboración da rúbrica

Para a construción da rúbrica utilizamos as transcripcións das conversas de cada pequeno grupo durante as tarefas de laboratorio e dividimos en episodios utilizando o criterio de Gee (2005), segundo o cal cada episodio comprende un ou varios turnos de palabra e defínense en función da cuestión discutida ou da acción realizada polo alumnado. A partir da división en episodios elaboramos as categorías preliminares de análise en interacción cos datos e a literatura, coincidindo con tres das oito categorías propostas por Chinn e Brewer (1998): ignorar, rexeitar, e reinterpretar os datos. Este proceso, seguindo a Strauss e Corbin (1994), repítese en varios ciclos iterativos de análise, aplicando a rúbrica aos datos e modificando as categorías preliminares para adaptalas ao contexto de laboratorio, no cal o alumnado é quen produce os resultados anómalos.

8.2.2 *Dimensións e categorías da rúbrica*

A rúbrica de análise comprende catro dimensións: o tipo de anomalía, as causas da anomalía, a regulacións do alumnado da anomalía e o efecto da anomalía nas conclusións.

Tipo de anomalía

Nesta dimensión examinamos se os datos son cuantitativos, por exemplo a medida do tempo, ou cualitativos como a observación ou a comprobación de propiedades físico-químicas como a solubilidade, conductividade, magnetismo e reactividade.

Causas da anomalía

Nesta dimensión analizamos as accións realizadas polo alumnado que dan lugar á obtención dos resultados anómalos. Entre estas accións encontramos catro categorías:

- a) Uso inadecuado de criterios: uso de criterios de identificación non axeitados (tarefas 2, 3 e 4).
- b) Problemas técnicos: accións derivadas da falta de familiarización coas técnica de medida de magnitudes como a velocidade de reacción a través da produción de gas (tarefa 1), a conductividade en sólidos e líquidos (tarefas 2 e 3) e os volumes de disolventes; ou utilizar a mesma pipeta para medir volumes de distintos disolventes sen lavala previamente (tarefa 5).
- c) Problemas manipulativos: accións propias da cultura escolar como xogar co material antes de rematar os experimentos ou non identificar previamente as mostras de forma clara. Por exemplo tocar o globo e xogar con el antes de que a medida do tempo remate e suxeitar o tubo de ensaio onde se fai a reacción coa man (tarefa 1) ou xogar co imán e contaminalo antes de realizar a identificación das propiedades magnéticas (tarefa 2).
- d) Falta de precisión: accións relacionadas co control de variables como non empregar o mesmo criterio de medida do tempo e de selección de cunhas (tarefa 1).

Regulación das anomalías

Nesta dimensión examinamos como regula o alumnado a súa actuación fronte aos resultados anómalos. A rúbrica de análise resúmese na figura 8.1.

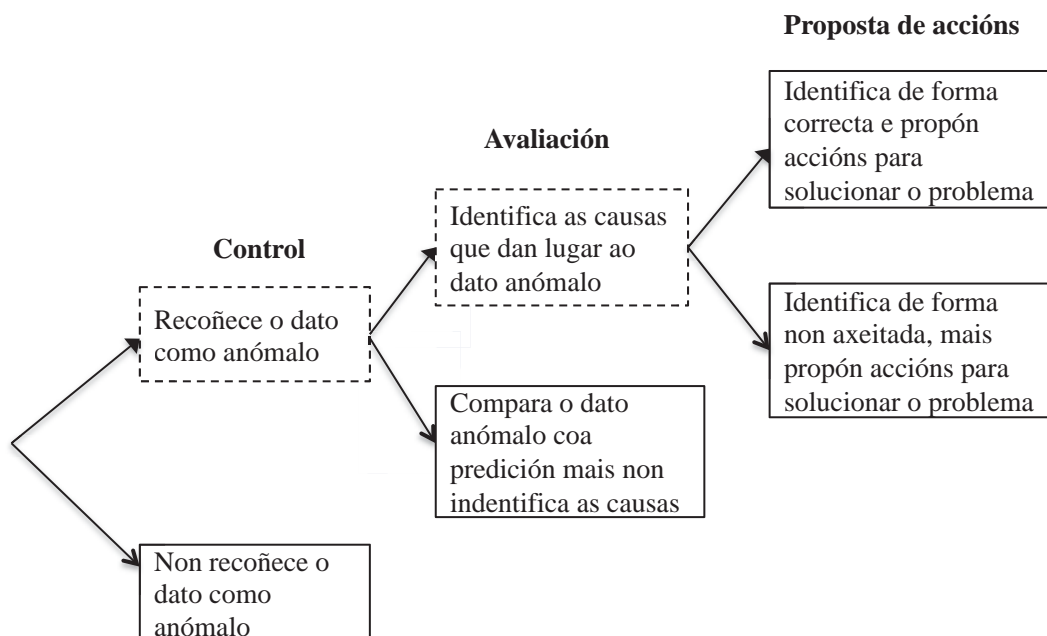


Figura 8.1 Rúbrica para a análise da regulación polo alumnado dos resultados anómalos.

A rúbrica enmárcase na proposta de Hmelo-Silver, Nagarajan e Day (2002) para examinar o control metacognitivo do alumnado sobre as operacións implicadas na indagación. Estes autores comparan as estratexias de indagación levadas a cabo por investigadores expertos e noveis que participaban nun ensaio clínico, e propoñen tres categorías de regulación do metaconhecimento:

- (1) Control: cando os participantes indican unha avaliación do proceso en curso, por exemplo decatarse de cometer un erro
- (2) Avaliación: cando os participantes emiten un xuízo de valor
- (3) Reflexión: cando inclúen unha reflexión sobre se as accións levadas a cabo lles permiten acadar os obxectivos propostos e sobre os efectos das accións levadas a cabo.

As operacións propostas por Hmelo-Silver et al. adaptámolas á nosa investigación sobre a evolución do alumnado na interpretación de resultados anómalos, substituíndo a categoría (3) de reflexión por outra que denominamos

proposta de accións, que implica non só reflexionar sobre as accións levadas a cabo senón tamén a proposta de accións que solucionen o problema.

As tres categorías que constitúen a rúbrica (control, avaliación e proposta de accións) representan estadíos de menor a maior regulación.

No nivel máis baixo sitúase a categoría de *control*, na que o alumnado a) reconece o dato obtido como anómalo ou b) non o reconece, é dicir obtén resultados anómalos pero non os interpreta como tal.

No nivel intermedio está a *avaliación* na que, unha vez reconecido o dato como anómalo, a1) o alumnado identifica as causas e accións que dan lugar ao dato anómalo, ou a2) compara o dato anómalo obtido coa predición ou co dato esperado mais non identifica as causas.

No nivel máis elevado de regulación situamos a *proposta de accións*, nas que o alumnado, unha vez identificadas as causas dos resultados anómalos, a1.1) identifica correctamente as causas e propón accións a realizar para solucionar o problema, ou a1.2) identifica de forma non axeitada, mais propón ou leva a cabo accións para solucionar o problema.

Efecto da anomalía

Nesta dimensión examinamos se os resultados anómalos e a reacción do alumnado ante eles afecta ou non ás conclusións establecidas como solución da tarefa. Esta dimensión comprende tres categorías.

a) Afecta ás conclusións, o dato anómalo e a reacción dos estudantes ante el impide que resolan o problema de forma axeitada.

b) Non afecta ás conclusións, o dato anómalo e a reacción dos estudantes ante el non impide que resolan o problema de forma axeitada.

c) Afectaría de non ser corrixido por: c.1) eles mesmos ou c.2) polo profesor e/ou a investigadora, o dato anómalo non impide que os estudantes resolan o problema de forma axeitada porque levan a cabo accións para obter novos datos que solucionen o problema. Estas accións que solucionan o problema son impulsadas por eles mesmos (c.1) ou polo profesor (c.2).

A continuación discútnense os resultados para cada dimensión e categoría da rúbrica e ilustramos cada categoría con exemplos.

8.3 Análise da interpretación de resultados anómalos

Neste apartado presentamos os resultados correspondentes á interpretación de resultados anómalos polo alumnado ao longo do estudo. En primeiro lugar identificamos os episodios nos que aparecen resultados anómalos para cada tarefa e pequeno grupo. A continuación examinamos as dimensións e categorías da rúbrica, en función das tarefas, para cada grupo de estudantes. Por último analizamos as dimensións e categorías nas que se sitúa cada episodio de resultados anómalos, documentándoas con fragmentos das transcripcións.

Os episodios nos que se identifican resultados anómalos son 11, distribuídos nas tarefas e nos grupos como se indica na táboa 8.1:

Grupo	Tarefa	N	Ntotal
O/O'	1,2,3,5	1,2,1,1	5
P/P'	1,2,3,4	1,1,1,1	4
T/T'	1,4	1,1	2

Táboa 8.1 Identificación e cuantificación de resultados anómalos nas tarefas

No grupo O (1º ano do estudo) O' (2º ano) identificamos resultados anómalos en catro das cinco tarefas de laboratorio (T1, T2, T3 e T5). No grupo P/P' en catro tarefas (T1, T2, T3 e T4). No grupo T/T' en dúas tarefas (T1 e T4). Os grupos R e S (participantes no primeiro ano) non aparecen na táboa 7.2 porque esta parte do estudo céntrase nos grupos que teñen continuidade. No grupo O/O' identificamos cinco episodios ao longo do estudo nos que aparecen resultados anómalos: un nas tarefas 1, 3 e 5 e dous na tarefa 2. No grupo P/P' catro episodios, un por cada tarefa. No grupo T/T' dous episodios, un por tarefa. A rúbrica e os resultados da análise para cada tarefa e grupo resúmense na táboa 8.2.

1) Tipo de anomalía	Tarefas		
	GO/O'	GP/P'	GT/T'
a) Cuantitativa	1,5	1	1,4
b) Cualitativa	2,3	2,3,4	-
2) Causas da anomalía			
a) Uso inadecuado de criterios	2	3,4	
b) Problemas técnicos	1,2,3,5	1	4
c) Problemas manipulativos	1	2	1
d) Falta de precisión	1	-	-
3) Regulación da anomalía			
a.1.1) Identifica de forma correcta e propón accións que solucionen o problema	5	1	-
a.1.2) Identifica de forma non axeitada, mais propón accións que solucionen o problema	2,3	-	4
a.2) Compara o dato anómalo coa predición mais non identifica as causas	1	-	-
b) Non reconece o dato como anómalo	2	2,3,4	1
4) Efecto da anomalía			
a) Afectan ás conclusións	-	3	1
b) Non afectan ás conclusións	1,2,5	1	-
c) Afectarían se non ser correxido por:			
c.1) Eles mesmos	2,3	-	4
c.2) O profesor ou a investigadora	-	2	-

Táboa 8.2 Rúbrica para a análise da interpretación de datos

A continuación discútense os resultados para cada dimensión e categoría da rúbrica en cada tarefa e pequeno grupo e ilústranse con exemplos.

1. Tipo de anomalía

Esta dimensión examina se o dato anómalo é de tipo cuantitativo ou cualitativo e a acción pola cal se produce cada dato (táboa 8.3).

Tarefa	Tipo	Grupos	Descrición: datos obtidos de
T1	Cuantitativo	O,P,T	Medir unha magnitude (tempo)
T2	Cualitativo	O,P	Observar propiedades físicas e químicas
T3	Cualitativo	O,P	Observar propiedades físicas e químicas e a reactividade química
T4	Cualitativo	P	Observar propiedades físicas
	Cuantitativo	T	Medir unha magnitude (volume)
T5	Cuantitativo	O	Medir unha magnitude (volume)

Táboa 8.3 Descrición do tipo de anomalías producidas polo alumnado

Os resultados anómalos que se producen na tarefa 1 son todos de tipo cuantitativo, xa que derivan da medida dos tempos (velocidade de reacción de cada pasta de dentes). Nas tarefas 2 e 3 todos os resultados anómalos son de tipo cualitativo, xa que non implican medidas cuantitativas de ningunha magnitude.

Derivan da observación de propiedades referentes á natureza da substancias (solubilidade, conductividade, magnetismo) e da reactividade química (identificación de sacarosa en auga, identificación de mármore). Na tarefa 4 un dato anómalo é cuantitativo (grupo T'), xa que deriva de erros na medida de volumes dos reactivos (ácido sulfúrico e residuo sorpresa) o que da lugar á non formación dun precipitado branco. O outro dato anómalo identificado na tarefa 4 (grupo P') é cualitativo, xa que deriva da observación dunha coloración incorrecta como produto da reacción entre o residuo sorpresa e o ioduro de potasio. Na tarefa 5 o dato anómalo identificado no grupo O' é cuantitativo, aínda que se trata dun falso anómalo, é dicir o alumnado identifica como anómalo un resultado válido: a tinta dun rotulador que non se despraza co disolvente empregado na cromatografía, posiblemente debido a que a polaridade do disolvente non é axeitada para observar o desprazamento.

2. Causas da anomalía

Nesta dimensión analizamos o tipo de causas que dan lugar á aparición de resultados anómalos. As causas da anomalía son diferentes para os grupos en cada tarefa, ademais para cada dato anómalo podemos encontrar varias causas que o producen. Na tarefa 1 é na que identificamos máis causas que conducen á obtención de resultados anómalos. Pode ser debido a que é a tarefa que require o control dun maior número de variables (masa de cuncha, volume de ácido, criterio de medida do tempo, características dos globos, etc).

Causa	N			Descrición das causas
	GO	GP	GT	
Problemas técnicos	1	1	-	A cuncha queda atascada dentro do globo cando empezan a medir o tempo da reacción
Problemas manipulativos	8	4	2	Xogo co globo durante a reacción Suxeita o tubo de ensaio coa man durante reacción Confusión do tipo de cunchas
Falta de precisión	1	-	-	Medida do tempo de reacción unha vez comezada

Táboa 8.4 Causas da obtención de resultados anómalos na tarefa 1.

Unha causa que aparece en todos os grupos é *Problemas manipulativos*, provocada pola confusión entre os tipos de cuncha que empregan en cada proba (experimento) que deriva de que non etiquetan as mostras no momento de selección do material a utilizar na posta en práctica da do deseño. Esta categoría é a predominante en todos os grupos. Un exemplo resúmese no seguinte fragmento:

405 Ofelia: *A ver, a de equis a gardas ti [Óscar], a de i a gardas ti [Olivia] e eu vou pola outra.*

503 Ofelia: *Ahora con pasta equis*

504 Olivia: *E cal é?*

505 Ofelia: *A de Óscar*

506 Olivia: *A de Óscar é a sen lavar.*

Ofelia (405) indica como identificar as mostras, repartindo cada unha a un estudante. Este criterio de identificación é pouco axeitado, xa que cando precisan utilizar as mostras non lembran quen tiña cada unha (turnos 504-506). Isto da lugar á obtención de resultados anómalos como se comenta máis adiante.

Outras accións deste tipo están relacionadas coa cultura escolar, como por exemplo xogar co globo utilizado para recoller o gas que se desprende na reacción antes de que esta remate, o cal provoca diferenzas nos tempos de medida entre as mostras. Un exemplo é o seguinte:

394 Investigadora: *Levantou [o globo]?*

395 Pilar: *Si*

396 Investigadora: *Porque vendo como está colocado...*

397 Paula: *El levantou, fixo: bup! Pero como está un pouco escorado para alá non queda no centro*

398 Pedro: *Este levantou moito antes*

Durante a reacción da pasta x Pilar presiona o globo, non espera a que esta remate para xogar con el. Esta acción provoca que a mostra lavada coa pasta x que é a que máis concentración de fluoruro contén e polo tanto a que máis ten que tardar en levantarse tarde menos tempo que a pasta y.

A categoría de *falta de precisión* aparece no grupo O (N=1). Inclúe accións producidas pola falta de control de variables, por exemplo utilizar unha cuncha dun peso determinado nun experimento e noutro dúas cunchas que suman o peso da anterior, non utilizar o mesmo criterio de medida do tempo en todos os casos, o

que provoca que para algunhas mostras empezan a medir antes e noutras máis tarde, dando lugar a erros nos resultados. Un exemplo é o seguinte fragmento:

568 Olaia: *Pero voulle a dar cando caía a cuncha*

569 Ofelia: *A ver si baixas sola preciosa!*

570 Olga: *Xa está! Xa caeu!*

571 Ofelia : *Ai, non a vira*

O alumnado establece un criterio de medida do tempo: empezar a contar cando a cuncha (metida no globo) entre en contacto co ácido. Olaia (568) encárgase de deixar caer a cuncha (lavada con pasta y) no ácido, Olga (570) observa que a cuncha xa caeu no ácido pero Ofelia (571) que é quen mide o tempo non observou o momento preciso no que entrou en contacto, polo tanto a medida do tempo non é precisa. Isto da lugar a un dato anómalo que é que a mostra control tarde máis que a mostra lavada con pasta y, xa que na medida desta última se empezaron a medir máis tarde o tempo.

En canto aos *problemas técnicos* só os encontramos unha vez nos grupos O e P. Un exemplo desta categoría é o seguinte:

438 Paula: *Canto?*

439 Pablo: *Cento trinta*

440 Pedro: *Como? Párao!*

441 Pablo: *Déixame calcular: dous cuarenta! Catro voltas [de reloxo]?*

442 Paula: *Dous cuarenta*

O alumnado está medindo o tempo que tarda a mostra lavada con pasta x en levantar o globo. Incluímos esta acción dentro dos problemas técnicos porque consideramos que o alumnado emprega unha técnica de medida do tempo pouco precisa (contar as voltas de reloxo).

Na tarefa 2 as causas de anomalía encontradas son o uso inadecuado de criterios (N=1) e problemas técnicos no grupo O (N=1) e problemas manipulativos no grupo P (N=1).

Causa	N		Descrición das causas
	GO	GP	
Uso inadecuado de criterios	1	-	Utiliza o criterio da identificación do grafito de forma incorrecta: non presenta conductividade eléctrica
Problemas técnicos	1	-	Non observan conductividade eléctrica na disolución de NaCl porque non conectan ben os elementos do circuíto eléctrico (GO)
			Non observan a conductividade eléctrica do grafito en pó porque non presionan o sólido entre os dous electrodos (GR)
Problemas manipulativos	-	1	O recipiente b que é grafito en pó dalles que ten propiedades magnéticas porque o imán que utilizan está contaminado con partículas de ferro da medida anterior

Táboa 8.5 Causas da obtención de resultados anómalos na tarefa 2.

No grupo O, o *uso inadecuado de criterios* prodúcese debido a que non empregan o criterio de identificación do grafito de forma correcta. Esta causa aparece no seguinte fragmento:

619 Olivia: Vale, o [recipiente] be?
 620 Olga: É o grafito
 621 Olivia: Que conducía a electricidade non?
 622 Olaia: No
 623 Olga: Tedes que poñerlle o metal por riba, Olaia o imán
 624 Ofelia: A cal, a ese [recipiente b]?
 625 Olivia: Ese vai a ser o grafito
 626 Olaia: Méteo [o imán] dentro
 627 Ofelia: Non vai!
 628 Olivia: Vale, a be é grafito porque non conduce a electricidade

O alumnado identifica o grafito en base a que non presenta conductividade eléctrica, cando si ten. O alumnado non emprega ben o criterio de identificación do grafito indicado no guión, no que se indica explicitamente que “*outras substancias como o grafito tamén conducen a electricidade*”.

Os *problemas técnicos* aparecen debido á falta de familiarización coa medida da conductividade eléctrica a través dun circuíto eléctrico, como se resume no seguinte fragmento:

719 Ofelia: Cales son as seguintes preguntas? Esto non encende [o circuíto], está conectado? Olaia conéctalle aí a pila oh! Non conduce eh!
 720 Olivia: Non toque o ferro [electrodos] o....
 721 Olga: Hai que tocar o fondo [do vaso de precipitados]

722 Olaia: *No toques o...*
 723 Ofelia: *Non están tocando, tes que tocar o fondo de abaixo!*
 724 Olaia: *Que vas ter que tocar o fondo!*
 725 Ofelia: *Si! Hai unha mini luz*
 726 Olga: *Tócalle o fondo*
 727 Ofelia: *Está tocando no fondo*
 728 Olivia: *No, hai un [electrodo] que non*
 729 Óscar: *Vaiche dar un calambre*
 730 Olaia: *Toca no fondo!*
 731 Ofelia: *Ahora si que non vai, eh espera e que hai unha miniluz*
 732 Olaia: *Eso é porque estanse tocando [os electrodos], ao tocalos empeza a facer a luz.*

O grupo O realiza a montaxe do circuito eléctrico para medir a conductividade (previamente explicado polo profesor). No turno 719 indican que a disolución non conduce a electricidade porque non se acende a bombilla, mais decátanse de que o circuíto non está pechado xa que non conectaron a pila. Despois observan que se acende a luz da bombilla (turno 731) e por tanto a disolución ten conductividade, cando en realidade o que ocorre é que os electrodos están en contacto.

O grupo P obtén resultados anómalos debido a *problemas manipulativos*, en particular debido á contaminación do material como se indica a continuación:

416b Pedro: *Esto [recipiente b] é ferro porque ten propiedades magnéticas*
 417 Investigadora: *Seguro?*
 418 Pilar: *Si. Bueno...*
 419 Investigadora: *Aí ten que haber algo mesturado, porque esto non pode ser ferro. Esto son cousas que xa había aquí no imán e o ferro vaise para aí. Non é nada de ferro. Mira, límpao [o imán] e verás. Esto hai que botalo nun papel ou en algo para sabelo, non meter así, porque aquí hai substancias pegadas doutras probas que fixéchedes e pode confundirse.*
 420 Pilar: *Ah!*

Os participantes identifican o ferro como a substancia do recipiente b porque observan que o imán ten algunhas partículas “pegadas” a el cando en realidade é grafito. A investigadora indícalles que non pode ser ferro e explícalles o motivo polo cal poden estar esas partículas no imán: a contaminación da mostra. Para que o comprobren failles limpar o imán e volver a comprobalo.

Na tarefa 3 identificamos dúas causas que dan lugar a anomalías: uso inadecuado de criterios (grupo P') e problemas técnicos (grupo O').

Causa	N		Descrición das causas
	GO'	GP'	
Uso inadecuado de criterios	-	1	Uso de criterios de identificación incorrectos
Problemas técnicos	1	-	Medida da conductividade da mestura de substancias en vez de medir cada unha por separado e non conectar ben os elementos do circuíto

Táboa 8.6 Causas da obtención de resultados anómalos na tarefa 3.

O uso inadecuado de criterios débese ao emprego de criterios de identificación de substancias pouco axeitados, por exemplo o criterio de identificación da sacarosa en auga mediante o reactivo de Fehling, como se detalla a continuación:

486 Rosa: Eso creo que é azúcar eh! Non o sal
487 Profesor: Vale. Toma, bótalle o [reactivo] B. E así esta [pipeta] xa a usan todos para botarlle.
488 Rosa: Xa está non?
489 Profesor: Vale, xa está
490 Rosa: Ah, que chulo!
491 Paula: Ten que dar coloración roja
492 Uxío: Ui pois véxollo negro eh!
493 Pedro: Si
494 Paula: Non ten azúcar
495 Rosa: Claro, o azúcar non é conductor
496 Profesor: Mirade unha cousa, dado que vós nunca, salvo que me equivoque, nunca fixéchedes o de Fehling, aquí temos tres mostras de azúcares vale? Que lle vedes?
497 Ofelia: Rojo hai
498 Sara: De todo
499 Uxío: Esto non ten nada!
500 Paula: Esto é o que ten sal
501 Profesor: Rojo no fondo vale, vedes? No fondo é porque como leva tempo pousase. Esto é cando é positivo
502 Uxío: Non o toques, hai que deixalo repousar
503 Profesor: Esto é o Fehling positivo, o azul é negativo, é dicir, non hai azúcares reductores
504 Paula: Non hai azúcares. O azúcar xa quedou para aquí [no filtro]
505 Uxío: Aí [no filtro] si que hai unha mezcla eh!

O alumnado utiliza o reactivo de Fehling para detectar a presenza de sacarosa na mostra de auga do río. Paula (491) indica que hai que observar unha coloración vermella na reacción da mostra de auga co reactivo. Uxío (492) non observa esa cor e Paula (494) conclúe que non hai azucre na auga. Até este momento empregan o criterio de identificación de forma correcta, mais no turno 504 Paula indica que non hai sacarosa (azucre) no filtrado pero si na mostra sólida que quedou no filtro. Uxío (505) apoia a idea de Paula. Aquí observamos que non empregan correctamente un dos criterios relativos á solubilidade das substancias indicados no guión: “Las sustancias con enlace covalente son solubles en ciertos casos, por ejemplo cuando tienen muchos átomos de oxígeno que permiten la unión con las moléculas de agua”. Tendo en conta este criterio, a sacarosa é soluble en auga por tanto no pode quedar retida no filtro en estado sólido.

Os *problemas técnicos* débense a erros no uso de equipamento para a medida de propiedades, por exemplo na medida da conductividade a través dun circuíto eléctrico, como se amosa a continuación:

603 Olaia: *É sal*

604 Ofelia: *Pero daquela debía conducir*

605 Olaia: *Non porque ten moitas substancias*

O alumnado mide a conductividade da mostra de auga do río a analizar en bruto, é dicir sen separar os sólidos do líquido. A causa dos resultados anómalos non é tanto a medida da conductividade da mostra senón a mala conexión dos elementos do circuíto eléctrico, que da lugar a observar que a bombilla non se acende. Olaia (605) xustifica a observación realizada en base a que a mostra ten moitas substancias, cando en realidade débese a un problema técnico.

Na tarefa 4 identificamos anomalías en dous dos tres grupos do estudo: no grupo P' debido á Uso inadecuado de criterios e no grupo T' problemas técnicos.

Causa	N		Descrición das causas
	GP'	GT'	
Uso inadecuado de criterios	1	-	Non utilización de criterios de identificación axeitados: obteñen un valor de pH da disolución neutro, pero non descartan realizar as probas dirixidas a pHs ácido e básico
Problemas técnicos	-	1	Medida de volumes de reactivos non axeitada

Táboa 8.7 Causas da obtención de resultados anómalos na tarefa 4.

O *uso inadecuado de criterios* é debido a que o grupo P' non emprega criterios de identificación axeitados, como se recolle no seguinte fragmento:

236 Paula: *Da sete*

239 Rosa: *E collemos o sulfúrico en estes tres* [tubos de ensaio]

240 Paula: *Vale*

255 Rosa: *Bueno, despois a outro* [tubo] *haille que botar...*

256 Paula: *Ácido clorhídrico a un*

260 Paula: *Ei, hai outro que tamén lle temos que botar o ácido sulfúrico, pero telo que botar e ten que desprender. Ese deixámolo para o último?*

Os estudantes miden o pH do residuo sorpresa e observan que é neutro. Despois levan a cabo todas as probas de identificación de substancias detalladas no guión da actividade, incluíndo as indicadas para substancias con pHs ácido e básico, en vez de descartalas e realizar só as indicadas para pH neutro. Consideramos este exemplo dentro da categoría uso inadecuado de criterios porque o alumnado non interpreta ben os criterios de identificación do guión ao non descartar o uso de ningún reactivo. Isto provoca a identificación incorrecta da composición do residuo, como se detalla máis adiante.

Os *problemas técnicos* aparecen no grupo T' debido a que a proporción de volumes de reactivos que empregan non é a axeitada para observar o que se describe no guión: a formación dun precipitado branco produto da reacción entre o residuo sorpresa e o ácido sulfúrico.

197 Sara: *Xa está!*

198 Teresa: *Que pasa, non se pon blanco non? Déixame ver esto* [guión]. *Non será base?*

199 Sara: *Non, se é neutro*

200 Teresa: *Seguro que é neutro? Seguro?*

201 Sara: *Si*

202 Teresa: *Estás segura, mira ben*
 203 Sara: *Si*
 204 Teresa: *Mira está un pouquiño branco*
 205 Sara: *Donde?*
 206 Teresa: *E o nitrato tamén fai?*
 207 Sara: *Será que non ten nada?*
 208 Teresa: *Que facemos Sara? Facémolo dúas veces e xa está, en dous tubitos.*
 [Sara] *bótalle pouco eh!*
 215 Sara: *Mira, non se está poñendo algo branco agora? Bueno agora nitrato de prata.*

O alumnado non observa a formación do precipitado branco, Teresa (198 e 202) dubida do valor de pH obtido coas tiras de papel indicador. Sara (199 e 291) asegura que o valor é correcto, o pH é neutro. Como o valor de pH é correcto, Teresa (204) di que observa algo branco aínda que en realidade non hai nada. Sara (207) dubida que o residuo sexa algunha substancia e Teresa (208) propón repetir a reacción dúas veces pero empregando menos volume de ácido. Repiten a reacción e no turno 215 Sara observa a formación do precipitado e decide engadirlle nitrato de prata para comprobar se o residuo é ioduro de potasio. Consideramos este episodio dentro da categoría de problemas técnicos porque o que ocorre é que no primeiro intento empregan pouca cantidade de residuo, para observar a formación do precipitado.

Na tarefa 5, aínda que os participantes do grupo O' interpretan un resultado como anómalo, non aparecen resultados anómalos, mais identificamos accións que poderían dar lugar á súa obtención. As accións son *problemas técnicos*, por exemplo o uso da mesma pipeta para a medida de volumes de disolventes diferentes nos que se realiza a cromatografía e que afectan ás porcentaxes da disolución final e por tanto á velocidade de separación dos compoñentes da tinta, así como ao resultado final.

3. Regulación das anomalías

Esta dimensión examina como regula o alumnado a súa actuación fronte aos resultados anómalos primarios, é dicir xerados por eles mesmos, ao longo do estudo lonxitudinal. Os resultados de cada pequeno grupo para cada tarefa resúmense na táboa 8.8.

Regulación	Grupo	Tarefa	Ntotal
a.1.1) Proposta de acción: Identifica de forma correcta e propón accións que solucionen o problema	O	5	1
	P	1	1
a.1.2) Proposta de acción: Identifica de forma non axeitada mais propón accións que solucionan o problema	O	2,3	2
	T	4	1
a.2) Avaliación: Compara o dato anómalo coa predición mais non identifica as causas	O	1	1
b) Control: Non recoñece o dato como anómalo	O	2	1
	P	2,3,4	3
	T	1	1

Táboa 8.8 Regulación polo alumnado dos resultados anómalos

Proposta de acción:

a.1.1) Identifica de forma correcta e propón accións que solucionen o problema. Esta categoría aparece nos grupos O (tarefa 5) e P (tarefa 1).

Un exemplo correspondente ao grupo O é o seguinte:

387 Ofelia: *Que pasó? Non chega!*

388 Olga: *Si que chega pero non fai nada* [non despraza os compoñentes da tinta]

389 Profesor: *Non o inclines*

390 Ofelia: *Botamoslle a culpa a que fixemos mal as medidas* [proporción dos dous disolventes]. *Non fai nada*

391 Profesor: *Non fai nada? Bueno, que disolvente é?*

392 Ofelia: *É hexano etanol*

393 Profesor: *Hexano etanol, non fai nada? Bueno espera, [o disolvente] ten que chegar arriba* [do cromatograma]. *Si ves que che ten mala pinta podes ir xa probando con outro disolvente*

394 Ofelia: *Espera, volvemos tomar as medidas deso* [mezcla hexano etanol]? *Ao mellor é pola cantidade de hexano e etanol*

Os estudantes realizan a cromatografía da tinta dun dos rotuladores sospeitosos de seren empregados no anónimo, mais non observan o desprazamento dos compoñentes da tinta pola tira de papel. Ofelia (390) xustifícaa en base á medición errónea dos volumes de disolventes que constitúen a fase móbil (hexano e etanol) e propón repetir as medidas (394). O resto do grupo acepta a proposta de Ofelia e repiten as medidas variando a proporción dos disolventes (aumentan a proporción de etanol para que a elución sexa máis rápida).

En canto ao grupo P, esta reacción aparece na tarefa 1, como se explica a continuación:

468 Pablo: *Repetimos algunha?*

469 Paula: *Pois hai que repetir a sin tratar porque é a que...*

495 Profesor: *Que vos da?*

496 Paula: *Douscentos cuarenta [segundos] equis,*

497 Pedro: *Pero o sin tratar metémolo máis, no metémolo [o globo no tubo de ensaio] menos que os outros. E dounos que era mellor lavar os dentes con auga que con pasta.*

O alumnado interpreta os datos obtidos na medida do tempo que tarda en levantarse un globo colocado na boca do tubo de ensaio, consecuencia do desprendemento de dióxido de carbono producido na reacción entre as cunchas, tratadas cada unha cunha pasta de dentes, e o ácido clorhídrico. Pablo (468) pregunta se repiten algunha medida de tempo e Paula (469) propón repetir a mostra control. Pedro (497) explica o motivo polo que obtiveron o dato anómalo: introducir os globos nos tubos de ensaio a diferentes alturas, o que fai que o volume do globo a inflar sexa diferente para cada mostra e polo tanto os tempos tamén. A diferenza entre esta situación e a que se observa no grupo O é que aquí a proposta do novo deseño non soluciona o problema xa que non a levan a cabo, mentres que no grupo O si.

a.1.2) Identifica de forma non axeitada mais propón ou leva a cabo accións para solucionar o problema. Esta categoría aparece nos grupos O (tarefas 2, 3) e T (tarefa 4). Un exemplo do grupo O na tarefa 2 é o seguinte:

733 Olga: *Da outra [mostra] tampouco nos facía. Maestro, non nos encende ningún líquido azul, o sea, ningún líquido blanco nin...*

734 Olivia: *Este [sal] si que se ten que encender eh!*

735 Profesor: *Esto que é?*

736 Ofelia: *Mira, mira, encende pouco*

737 Olga: *Si, si que é*

738 Profesor: *Ah! Mira, mira xa está!*

739 Olaia: *Esto é que conduce non?*

740 Ofelia: *Si*

741 Olga: *Esa é sal*

742 Olivia: *Porque tampouco había moito [sal na disolución], porque ten cousitas destas [partículas de xofre]*

O alumnado está intentando identificar as substancias que se mesturaron durante o transporte. Para iso deben primeiro separalas e despois identificalas. Despois de separar o ferro (cun imán) e o xofre (disolvendo a mestura xofre-sal en auga), miden a conductividade do filtrado cun circuío eléctrico e non observan que se acenda a bombilla (turno 733). Olivia (734) recoñece o dato como anómalo porque sabe que ten que acenderse. A continuación levan a cabo accións para solucionar o problema, é dicir, conectan correctamente os elementos do circuío (non reproducido nas grabacións). Despois de corrixir a anomalía Ofelia (736) indica que a bombilla acende un pouco e Olivia (742) xustifica que a bombilla se acenda pouco en base a que non había moito sal na disolución. Esta interpretación é incorrecta porque 1) ela non sabe que cantidade de sal había e 2) a bombilla debería acenderse perfectamente como indicativo da presenza do sal na auga.

No grupo T esta categoría aparece na tarefa 4:

198 Teresa: *Que pasa, non se pon blanco non? Déixame ver esto [guión]. Non será base?*

199 Sara: *Non, se é neutro*

200 Teresa: *Seguro que é neutro? Seguro?*

201 Sara: *Si*

202 Teresa: *Estás segura, mira ben*

203 Sara: *Si*

204 Teresa: *Mira está un pouquiño blanco*

205 Sara: *Donde?*

206 Teresa: *E o nitrato tamén fai?*

207 Sara: *Será que non ten nada?*

208 Teresa: *Que facemos Sara? Facémolo dúas veces e xa está, en dous tubitos. Bótalle pouco eh!*

212 Teresa: *Sara esto non pode estar ben eh! Sara botámoslle o sulfúrico este?*

213 Sara: *E que non fai nada. Este ponse amarillo*

214 Teresa: *E que supuestamente non tiña que estar amarillo*

215 Sara: *Mira, mira non se está poñendo algo blanco agora? Bueno agora nitrato de plata.*

O alumnado leva a cabo probas para identificar a composición do residuo sorpresa. Seguindo un dos criterios de identificación indicados no guión, fai reaccionar o residuo con ácido sulfúrico mais non obteñen o precipitado branco que deberían segundo o guión (Teresa 198). Teresa no turno 204 parece que está optando por rexeitar como Chinn e Brewer (1993). Sara interpreta que o residuo

non contén ningunha das substancias que están tratando de identificar a través das probas de reactividade e pH. Recoñecen o dato como anómalo e repiten a proba con máis residuo e menos ácido. Mentres repiten a proba Teresa 212 segue dubidando de que a anterior estivese ben. Sara no turno 215 observa a aparición do precipitado branco que buscaban e continúan co seguinte paso para a identificación do residuo, engadir nitrato de prata para comprobar se obteñen un precipitado amarelo.

Avaliación:

a.2) Compara o dato anómalo coa predición mais non identifica as causas. Situamos nesta categoría os episodios nos que o alumnado identifica o dato obtido como anómalo e compárao co resultado esperado. Esta reacción aparece no grupo O (tarefa 1):

665 Ofelia: *Catro minutos vinte segundos [control] e a outra, a [pasta] y catro minutos doce. É mellor non lavar os dentes que botarlle a y?*

666 Olivia: *Non creo eh!*

667 Ofelia: *Según os resultados, o que non me parece normal tampouco*

668 Olaia: *Será o mesmo, terá tan pouco flúor que será unha merda e non vale para nada*

673 Ofelia: *Eu o que non entendo é como é menos protectora a pasta y que non lavar os dentes, eso é un pouco raro*

674 Olaia: *Terá moitos azúcares*

676 Ofelia: *E que, que me estás querendo dicir?*

677 Olaia: *Pois é porque ten moito menos flúor*

678 Ofelia: *Menos que os dentes aínda?*

O alumnado, igual que no exemplo da categoría a.1.2. par ao grupo P, interpreta os datos obtidos na medida do tempo que tarda un globo colocado na boca do tubo de ensaio en levantarse. Ofelia (665) estráñase de que a mostra control sexa mellor que a pasta y. Olaia xustifica o resultado en base á concentración de flúor (668, 677) e en base á cantidade de azucres (674). Ofelia (678) non apoia as xustificacións de Olaia. A diferenza entre este fragmento e o equivalente do grupo P arriba mencionado é que aquí non identifican as causas que dan lugar á obtención dese resultado anómalo senón que o comparan coa predición. Ao non interpretaren as causas tampouco propoñen accións que solucionen o problema.

Control:

b) Non reconece o dato como anómalo. Situamos nesta categoría os episodios nos que o alumnado obtén resultados anómalos pero non os identifican como tal. Isto aparece nos grupos O (tarefa 2), P (tarefas, 2, 3 e 4) e no grupo T (tarefa 1).

No grupo O esta reacción aparece na tarefa 2 no proceso de identificación do xofre en pó nas mostras do pedido, como se resume a continuación:

619 Olivia: Vale, o [recipiente] be?

620 Olga: É o grafito

621 Olivia: Que conducía a electricidade non?

622 Olaia: No

623 Olga: Tedes que poñerlle o metal por riba, Olaia o imán

624 Ofelia: A cal, a ese [recipiente b]?

625 Olivia: Ese vai a ser o grafito

626 Olaia: Méteo [o imán] dentro

627 Ofelia: Non vai!

628 Olivia: Vale, a be é grafito porque non conduce a electricidade

629 Olga: É grafito porque non ten propiedades magnéticas. Vale, agora temos que separar esto [a mestura].

O alumnado intenta identificar a substancia problema do recipiente b, un pó gris escuro, co cal só pode ser ou ferro ou grafito, xa que as outras substancias do pedido non son desa cor. Para identificala utilizan o criterio da medida da conductividade a través dun circuíto eléctrico, criterio non discriminatorio entre as dúas posibles substancias xa que ambas conducen a electricidade. Cando levan a cabo a medida da conductividade ignoran que o feito de que a substancia non conduza a electricidade sexa un dato anómalo. Pensamos que é debido a que utilizan o criterio de identificación incorrectamente xa que no guión indícase que “*outras substancias como o grafito tamén conducen a electricidade*” mais o interpretan ao revés, xustificando as súas observacións en base ao criterio erróneo de que o grafito non conduce a electricidade (Olivia 628). Olga no turno 629 utiliza outro criterio de identificación, as ausencia de propiedades magnéticas, que é máis relevante para identificar a substancia e distinguir entre ferro e grafito.

No grupo P esta reacción aparece nas tarefas 2, 3 e 4. Un exemplo desta categoría é o seguinte fragmento correspondente á tarefa 2:

416a Pedro: *Porque é soluble e máis non ten propiedades conductoras nin magnéticas.*

416b Pedro: *Esto [recipiente b] é ferro porque ten propiedades magnéticas*

417 Investigadora: *Seguro?*

418 Pilar: *Si, bueno.*

419 Investigadora: *Aí ten que haber algo mesturado, porque esto non pode ser ferro. Isto son cousas que xa había aquí no imán e o ferro vaise para aí. Non é nada de ferro. Mira, límpao [o imán] e verás. Isto [o imán] hai que botalo nun papel ou en algo para sabelo, non meter así, porque aquí hai substancias pegadas doutras probas que fixéchedes e pode confundirse.*

420 Pilar: *Ah!*

O alumnado do grupo b está intentando identificar a substancia do recipiente b igual que o grupo O comentado arriba. Pedro identifica a substancia como ferro porque observa que ten propiedades magnéticas cando en realidade non ten. Obtén ese dato anómalo porque o imán co que comproba a atracción magnética está contaminado con virutas do ferro que identificaron previamente noutro recipiente (na mestura de substancias). Eles non se decatan da contaminación, que foi observada na gravación de vídeo e que lles explica a investigadora no turno 419.

No grupo T, esta situación dase na tarefa 1 no turno 345, discutido máis abaixo.

4. Efecto da anomalía

As anomalías producidas polo alumnado durante a posta en práctica da investigación teñen diferentes efectos sobre o resultado final das actividades de laboratorio, como indican as categorías da táboa 8.9.

Efecto	Grupo	Tarefa	Descrición
a) Afecta ás conclusións	P	3	Non resolven o problema de forma completa
	T	1	As conclusións non son correctas
b) Non afecta ás conclusións	O	1	O dato anómalo está na mostra control
		2	O criterio de identificación que empregan de forma incorrecta non é definitivo, xa que hai varias substancias coa mesma propiedade, o criterio definitivo emprégano correctamente
		5	Non é un dato anómalo aínda que o alumnado o recoñece como tal
	P	1	O dato anómalo está na mostra control
c.1) Afectarían de non ser correxido por eles mesmos	O	2	De non ser correxido afectaría á identificación das
c.2) Afectarían de non ser correxido polo profesor ou investigadora	T	4	substancias e polo tanto á resolución das tarefas
	O	3	
	P	2	

Táboa 8.9 Efecto dos resultados anómalos nas conclusións

a) Afectan ás conclusións

Nesta categoría situamos os casos nos que a obtención e reacción ante os resultados anómalos implica que o alumnado non resolva a actividade de forma satisfactoria (grupo P, tarefa 3 e grupo T tarefa 1).

No grupo P, a conclusión que establecen para a tarefa 3 resúmese a continuación:

Paula 408: “ É sal”

Pedro 582: “ O sea que é [mármol]”

Rosa 646: “Maestro xa acabamos, dounos que non hai azúcar, non hai carbón e hai mármol”.

Neste caso, a obtención de resultados anómalos conduce ao alumnado a non resolver a actividade de forma satisfactoria, xa que só identifica unha das tres substancias que contén o verquido procedente da auga do río. Ademais, non establecen a conclusión da actividade, xa que se trataba de encontrar as fábricas

responsables do verquido a través da identificación na auga do río das substancias coas que traballan cada unha.

No grupo T, a conclusión que indican é a seguinte:

Teresa 345: “ É máis eficaz a [pasta] y”

Neste caso, a solución á tarefa non é correcta porque se lles indica a concentración de fluoruro (o retardante da reacción) da pastas x e y, sendo 1450 ppm para x e 500 ppm para y. Ademais, o profesor explica o papel da pasta de dentes na reacción no inicio da tarefa, polo tanto coñecendo os valores de fluoruro de sodio deberían decatarse de que a pasta con menos concentración de fluoruro non pode ser a máis eficaz.

b) Non afectan ás conclusións

Situamos nesta categoría os casos nos que o alumnado resolve a actividade de forma correcta a pesar de obter resultados anómalos: ben porque o dato anómalo se atopa na mostra control (tarefa 1, grupos O e P) porque o dato anómalo non impide que solucionen o problema xa que os criterios de identificación de substancias empregados de forma incorrecta non son definitivos para a identificación e o definitivo si o empregan correctamente (tarefa 2, grupo O) ou debido a que as substancias que identifican no residuo se almacenan no mesmo bidón de residuos (tarefa 4, grupo P), ou ben porque o dato non é anómalo (tarefa 5, grupo O).

Na tarefa 1 a conclusión que establecen os grupos O e P é a seguinte:

Ofelia 710: A mellor pasta é a x, se tarda máis será porque fai máis efecto

Paula 505: A que máis protexe é a pasta x

Pedro 506: E ten que ter máis flúor

Nestes fragmentos, o alumnado establece as conclusións esperadas (a pasta x é a que máis protexe) porque obteñen os resultados anómalos na medida da mostra control. Ambos grupos xustifican a conclusión, nun caso en base á diferente concentración de fluoruro de sodio que teñen as pastas de dentes (grupo P) e noutro en base a que producen diferente efecto (grupo O).

Na tarefa 4 a conclusión do grupo P é:

411 Paula: *Por eso hai estes dous [substancias] nada máis*
 412 Profesor: *Este é o precipitado branco*
 413 Rosa: *Pero tamén ten ca i, por eso da algo así amarillento*
 414 Profesor: *Tamén ten ca i, pero por que crees que da hache ce ele?*
 415 Rosa: *Porque está máis blanquiño*
 429 Paula: *En disolventes halogenados, teríamolo que botar en disolventes halogenados*

Os participantes identifican como residuos o ioduro de potasio de cor amarela e o ácido clorhídrico de cor branco, cando en realidade o que obteñen é un precipitado amarelo. A anomalía non afecta á conclusión da tarefa porque esta consistía en averiguar a composición do residuo para reciclalo correctamente. Neste caso a elección do bidón de almacenamento para a reciclaxe (turno 429) é a correcta independentemente da composición das substancias propostas como residuos.

Na tarefa 5, a conclusión é:

521 Olga: *O culpable é a mostra de stadler [marca de rotulador]*
 522 Ofelia: *Chegamos á conclusión que é stadler*
 523 Olga: *E polo tanto o que escribiu é Nacho*

Neste fragmento o alumnado do grupo O identifica o rotulador da marca Staedler como o rotulador co que se escribiu o anónimo (turno 521) e como conclusión o alumno Nacho como autor do anónimo (turno 523). A anomalía identificada polos participantes non afecta ás conclusións xa que como mencionamos anteriormente non se trata dunha anomalía aínda que o alumnado a considere como tal.

c.1) Afectarían ás conclusións de non ser correxidos por eles mesmos.

Nesta categoría situamos os casos nos que o alumnado leva a cabo accións para corrixir os resultados anómalos e resolve a actividade de forma satisfactoria. Esta categoría aparece nos grupos O (tarefas 2 e 3) e T (tarefa 4).

Un exemplo é a conclusión do grupo T na tarefa 4:

265 Sara: *” A que conclusiones llegáis?” Que el residuo es*
 266 Teresa: *Ca ele [KI]*
 267 Sara: *Ioduro de potasio. É unha i non é unha ele*

Neste fragmento os participantes, identifican a composición do residuo (ioduro de potasio) como conclusión. As anomalías obtidas non afectan ás

conclusións porque eles mesmos levan a cabo accións para solucionarlas, neste caso repetir a proba de identificación como se detalla a continuación:

212 Teresa: Sara esto non pode estar ben eh! Sara botámoslle o sulfúrico este?

213 Sara: E que non fai nada. Este ponse amarillo

214 Teresa: E que supuestamente non tiña que estar amarillo

215 Sara: Mira, mira non se está poñendo algo blanco agora? Bueno agora nitrato de plata.

O alumnado reacciona o residuo con ácido sulfúrico e non obteñen o precipitado branco que debería segundo os criterios de identificación propostos no guión da actividade. Teresa (212) indica que non fixeron ben a reacción. Repítena aumentando a cantidade de sulfúrico e diminuindo a de residuo. Desta forma Sara (215) observa o sólido branco que buscaba e continúa o proceso de identificación do residuo engadindo nitrato de prata para comprobar se o residuo é ioduro de potasio. Cabe destacar que este grupo identifica a composición do residuo mais non propón un bidón no que almacenar a substancia, que é o que se pregunta na tarefa. No informe de laboratorio cando redactan as conclusións ás que chegaron, indican que a substancia é o ioduro de potasio e que é un disolvente halogenado.

c.2) Afectarían ás conclusións de non ser correxidos polo profesor ou a investigadora

Nesta categoría situamos os casos nos que o alumnado leva a cabo accións propostas polo profesor ou a investigadora para corrixir os resultados anómalos e resolve a actividade de forma satisfactoria. O seguinte fragmento correspóndese coas conclusións do grupo P á tarefa 2:

Pilar 349: Maestro, aquí [na mestura de tres] hai ferro!

Pedro 411: Esto é sacarosa” [no recipiente a]

Pedro 416b: Esto [recipiente b] é ferro porque ten propiedades magnéticas

Pedro 429: Este si que tiña ferro. E o amarillo era xofre

Pedro 431: Porque non conduce a electricidade e máis non ten...

Pilar 456: É sal, xa sabemos o que é. É sal

Neste fragmento recóllense as conclusións á tarefa (a identificación da composición das substancias do pedido roto). As conclusións son as esperadas a pesar de levar a cabo accións que conducen á obtención de resultados anómalos discutidas anteriormente. Isto débese a que o alumnado corrixe esas accións (a

identificación do grafito como ferro) coa axuda da investigadora no turno 419 reproducido máis arriba.

8.4 Evolución na interpretación e regulación de resultados anómalos

Este apartado examina o proceso global levado a cabo polos estudantes na interpretación de resultados anómalos co propósito de identificar se existe evolución ou progresión ao longo do estudo lonxitudinal. Nesta práctica de interpretación de resultados anómalos os desempeños do alumnado serían identificar os datos obtidos como anómalos e regularlos, levando a cabo accións para obter novos datos que lles permitan descartar os anómalos e resolver as tarefas de forma axeitada. A análise da evolución lévase a cabo en termos da maior ou menor regulación que implican as reaccións do alumnado ante os resultados anómalos e o efecto dos datos nas conclusións ás tarefas, seguindo a rúbrica baseada en Hmelo-Silver et al (2002) discutida no apartado anterior, e resumida na figura 8.1.

A análise do proceso de menor a maior regulación, para os grupos O/O', P/P' e T/T' represéntanse nas figuras 8.2, 8.3. e 8.4. respectivamente.

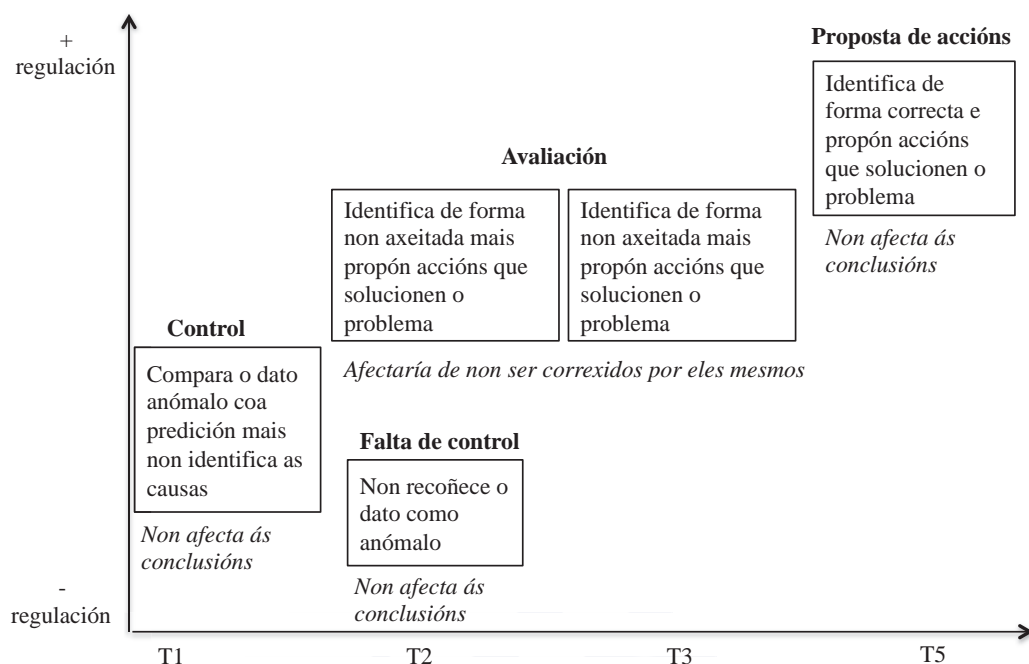


Figura 8.2 Evolución na interpretación e regulación de resultados anómalos no grupo O/O'.

No grupo O/O' obsérvase unha evolución progresiva de menor a maior regulación. O alumnado é quen de controlar e avaliar os resultados das investigacións: reconece os datos como anómalos (excepto nun episodio da tarefa 2) e nas diferentes reaccións ante os mesmos identificamos unha pauta de progreso: na tarefa 1 na que unicamente compara o dato anómalo co resultado esperado, sen identificar as causas, a través das tarefas 2 e 3 nas que interpreta as causas que dan lugar á obtención do dato anómalo de forma pouco axeitada aínda que propón un deseño que solucione o problema, até interpretar as causas de forma correcta e propoñer e levar a cabo accións que solucionen o problema na tarefa 5. No caso do dato anómalo non recoñecido na tarefa 2, pode ser debido a que empregan un criterio de identificación do grafito de forma incorrecta (a conductividade) mais este criterio non impide a identificación da substancia xa que o criterio definitivo (non ter propiedades magnéticas) si o utilizan de forma axeitada.

En canto ao efecto que as reaccións teñen nas conclusións das tarefas, ningunha afecta á resolución da tarefa, nuns casos porque tanto o dato anómalo

como a reacción non afecta ás conclusións (tarefas 1 e 5) e noutros (tarefa 2) porque o alumnado leva a cabo accións para obter os datos axeitados.

A continuación resúmese o proceso de interpretación e regulación dos resultados anómalos para o grupo P/P'.

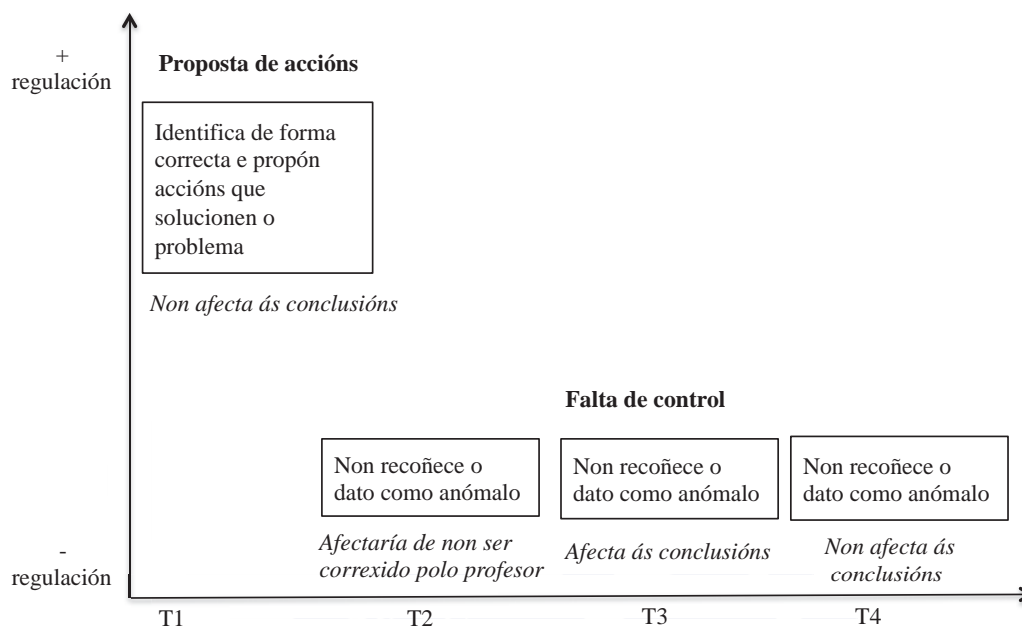


Figura 8.3 Evolución na interpretación e regulación de resultados anómalos no grupo P/P'.

No grupo P/P' non se observa unha evolución ou progreso, senón o contrario: O alumnado só reconece os datos como anómalos na tarefa 1, na que interpretan correctamente as súas causas e propoñen accións para solucionalo: repetir a medida da mostra control porque lles tarda máis tempo que a mostra y. No resto de tarefas non identifican os datos como anómalos. Consideramos que isto pode ser debido á diferente natureza dos resultados anómalos, xa que na tarefa 1 os datos son cuantitativos (medida dos tempos nas pastas de dentes e a mostra control) mentres que nas outras tarefas os datos son cualitativos (observacións de propiedades ou uso de criterios de identificación). Pensamos que pode resultar máis doado para o alumnado reconecer anomalías en datos cuantitativos, por exemplo a medida do tempo da pasta 4 minutos e 20 segundos é claramente máis elevada que 4 minutos e doce segundos, que en datos cualitativos. Cabe destacar

que este é o grupo que máis cambios sufriu ao longo do estudo xa que de 3º a 4º de ESO perdeu dous membros e incorporou dous novos, sendo un deles repetidor (Uxío) que ao non participar no estudo desde o principio non está familiarizado coa planificación de investigacións e interpretación de resultados derivados das mesmas.

En canto ao efecto dos datos nas conclusións, nas tarefas 1 e 4 non afectan ás conclusións, na 2 afectaría se non levasen a cabo accións para obter novos datos coa axuda do profesor e na tarefa 3 si afectan ás conclusións, xa que non identifican todas as substancias presentes na auga de río e por tanto as fábricas responsables da contaminación. Este grupo non evoluciona como se esperaba xa que a reacción na tarefa 1 é máis complexa que no resto das tarefas.

A continuación preséntase o proceso de interpretación e regulación dos resultados anómalos levados acabo polo grupo T/T'.

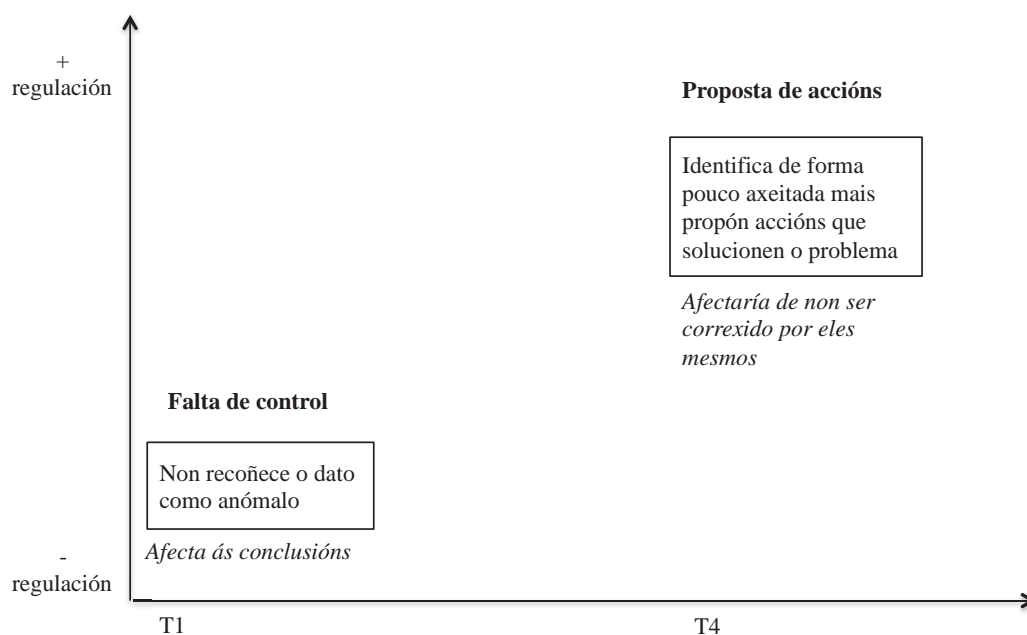


Figura 8.4 Evolución na interpretación e regulación de resultados anómalos no grupo T/T'.

No grupo T/T' só se identifican resultados anómalos nas tarefas 1 e 4. Na tarefa 1 o alumnado non reconece como anómalo que a pasta y con menos concentración de fluoruro de sodio tarde máis tempo que a pasta x. Esta non

reacción afecta á conclusión da actividade xa que non é a correcta. Na tarefa 4 mostran progreso xa que identifican o dato como anómalo interpretan as causas de forma pouco axeitada e propoñen un deseño que solucione o problema: repetir a proba de identificación engadindo máis cantidade de residuo.

Este dato anómalo afectaría ás conclusións de non ser correxido por eles mesmos, levando a cabo o novo deseño proposto. Neste caso aínda que só temos dous exemplos, o alumnado pasa de non identificar o dato como anómalo na tarefa 1 a identificalo e propoñer un deseño que solucione o problema na tarefa 4. Cabe sinalar que esta evolución poder deberse a que no segundo ano do estudo incorpórase a este grupo Sara procedente do grupo S, que levaba o peso das tarefas do primeiro ano no grupo, no que non identificamos resultados anómalos, e que tamén exerce de líder do grupo T no segundo ano do estudo.

8.5 Discusión de resultados e conclusións parciais

A obtención de resultados anómalos primarios é característica dos contextos de laboratorio. Este capítulo examina como o alumnado interpreta os resultados anómalos obtidos durante a posta en práctica de actividades de indagación no laboratorio ao longo do estudo lonxitudinal. Correspóndese coa pregunta 4 *Como interpretan os resultados e establecen as conclusións os estudantes ao longo do estudo?* do primeiro obxectivo de investigación: *Examinar o desenvolvemento da competencia científica a través da participación do alumnado nas prácticas científicas de deseño e posta en práctica de investigacións e análise e interpretación de datos ao longo do estudo lonxitudinal de indagación no laboratorio*. En particular analizamos a evolución do alumnado na interpretación deste tipo de datos producidos por eles mesmos e a súa capacidade para regular os resultados das investigacións.

Na literatura sobre a interpretación de resultados anómalos examínanse dous aspectos: a) as reaccións do alumnado ante datos introducidos a posteriori para promover o cambio conceptual (e.g. Chinn & Brewer, 1993; 1998; e b) as reaccións do alumnado ante a identificación dos datos obtidos como anómalos en investigacións (e.g. Toplis, 2007; Lin, 2007; Lubben & Millar, 1996). Con este

estudo pretendemos contribuír a ampliar o coñecemento sobre a interpretación e regulación de resultados anómalos primarios mediante a documentación da evolución do alumnado nesta práctica en termos de maior regulación das operacións de indagación.

Analizamos o tipo de resultados anómalos obtidos, as accións que conducen á obtención dos datos, as reaccións do alumnado ante a obtención dos resultados anómalos e o efecto dos datos obtidos nas conclusións das tarefas.

Os resultados indican que os resultados anómalos de tipo cuantitativo prodúcense debido múltiples causas (problemas técnicos, manipulativos ou debido á falta de precisión) mentres que no caso dos cualitativos, cada dato prodúcese debido a unha soa causa (uso inadecuado de criterios, problemas técnicos ou problemas manipulativos). Ademais os resultados anómalos de tipo cualitativo son máis difíciles de recoñecer para o alumnado que os de tipo cuantitativo, xa que os casos nos que o alumnado non recoñece os datos como anómalos aparecen nas tarefas que implican o uso de datos cualitativos derivados de observacións ou de uso de criterios de identificación, excepto para o grupo T, que son cuantitativos.

En canto á regulación por parte do alumnado dos resultados anómalos, dous dos tres grupos de estudantes (P e T) evolucionan positivamente ao longo do estudo, é dicir as reaccións ante os resultados anómalos evolucionan de menos a máis regulación. Ao final do estudo o alumnado recoñece os datos obtidos como anómalos, interpretaos correctamente e propón e leva a cabo accións para obter novos datos que solucionen o problema. Isto non coincide cos resultados encontrados por Toplis (2007), que indica que a maioría do alumnado do seu estudo explica as causas dos resultados anómalos mais poucos levan a cabo accións para solucionar o problema. O mesmo ocorre cos resultados de Lubben e Millar (1996) quenes sinalan que só unha minoría de grupos levan a cabo alguna acción sobre os resultados anómalos. No noso estudo dous dos tres grupos progresan na regulación, levando a cabo accións. Propoñemos que esta diferenza pode deberse a) á inmersión na práctica durante dous cursos do alumnado do noso estudo; b) ao requerimento de planificar o deseño, dedicándolle unha sesión; e c)

ao efecto da base de orientación, que favorece a reflexión sobre os procesos de indagación.

En canto ao efecto dos resultados anómalos nas conclusións ás tarefas, os obtidos nas tarefas do segundo ano do estudo non inflúen na resolución das mesmas, excepto para o grupo P na tarefa 3. O alumnado soluciona as actividades de forma correcta, ben porque os resultados anómalos non afectan ás conclusións ou porque levan a cabo accións para corrixir eses datos.

Os resultados indican unha pauta de progreso ou evolución nas reaccións do alumnado ao longo do estudo (grupos O e T), de menor a maior regulación, como se indica na figura 8.6.

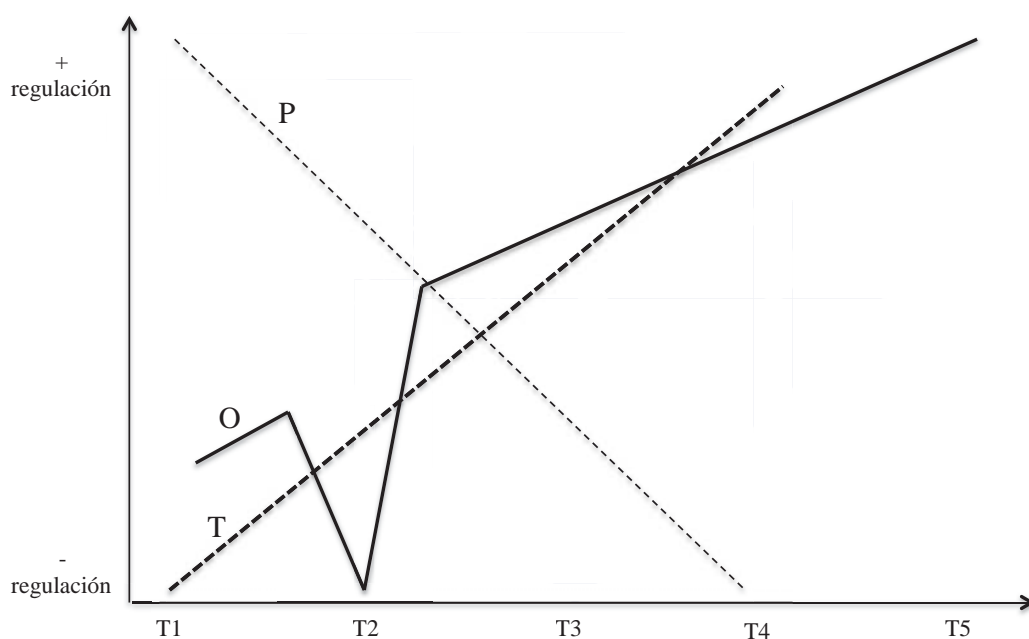


Figura 8.5 Pautas de progreso na regulación do alumnado.

Nas tarefas 1, 2 e 3 o alumnado mostra baixa capacidade de regulación sobre as operacións de indagación xa que non recoñece os datos como anómalos, ou ben os recoñece pero non é quen de explicar correctamente as causas que os producen aínda que leve a cabo accións para obter novos datos que solucionen o problema. Nas tarefas 4 e 5 as reaccións do alumnado revelan maior capacidade de regulación, sendo quen de explicar correctamente as causas que deron lugar á obtención dos resultados anómalos ademais de propoñer e levar a cabo accións

para solucionar o problema. Esta pauta identifícase nos grupos O e T, mentres que o grupo P mostra un comportamento anómalo ao longo do estudo, xa que as reaccións que mostran na tarefa 1 sitúanse no nivel máis elevado de regulación, no que identifican as causas da obtención dos resultados anómalos de forma correcta e propoñen accións para obter novos datos e solucionar o problema aínda que por falta de tempo non o leven a cabo. O comportamento deste grupo coincide co proposto por Lubben e Millar (1996) que sinalan que a maioría do alumnado de 16 anos non reconece os resultados anómalos nas investigacións. Ademais o contexto da tarefa e o tipo de resultados anómalos obtidos son factores a ter en conta para explicar os resultados deste grupo, xa que pode ser máis doado para o alumnado reconecer resultados anómalos cuantitativos como os da tarefa 1 que os cualitativos derivados de observacións.

Neste estudo existen algunhas diferenzas e similitudes cos estudos levados a cabo por Chinn e Brewer (1993; 1998) e en xeral cos estudos sobre a interpretación de resultados anómalos en contextos para promover o cambio conceptual. En primeiro lugar, o tipo de resultados anómalos nun contexto para promover o cambio conceptual é diferente aos resultados anómalos obtidos en contextos experimentais, como o laboratorio de química en educación secundaria. No primeiro caso os datos son proporcionados polas tarefas e xogan un papel importante no cambio de teorías. No contexto de laboratorio centrámonos menos no papel que teñen os datos, xa que non esperamos ningún cambio nas teorías do alumnado sobre o coñecemento a utilizar nas tarefas, e máis no control metacognitivo, considerando varios graos de regulación.

En segundo lugar, as categorías propostas para a análise da evolución na interpretación e regulación de datos, están adaptadas de Hmelo-Silver et al. (2002), mais algunhas coinciden coas propostas por Chinn e Brewer, por exemplo a falta de control equivale a ignorar os resultados anómalos.

A pesar de que a natureza do estudo, cunha mostra pequena, non permite establecer ningunha xeralización, suxerimos que o progreso dos dous pequenos grupos O/O' e T/T' pode estar relacionado co deseño das tarefas e a necesidade de adicar unha sesión completa á planificación dos experimentos. Esta necesidade

abórdase desde a literatura, así Manlove et al. (2007) sinalan que o alumnado adica pouco tempo a planificar as investigacións ou nin sequera as planifica. Etkina et al. (2010) indican que o requerimento de planificar un deseño experimental mellora os resultados das investigacións.

Nesta tese o alumnado ten que elaborar unha base de orientación, previa á planificación (comentada na introdución ao estudo principal), que consiste en responder cuestións relacionadas con obxectivo da tarefa e os datos e coñecementos necesarios para resolvela. Esta ferramenta axuda ao alumnado a reflexionar sobre a planificación.

Un aspecto a destacar é que os estudantes dos grupos O/O' e T/T' non só recoñecen os resultados anómalos senón que tamén son quen de identificar as causas e levar a cabo accións que conducen á obtención de datos válidos para resolver as tarefas. Consideramos este aspecto de gran relevancia xa que como se mencionou noutros estudos (e. g. Toplis, 2007), só unha minoría do alumnado é que de levar a cabo accións.

Este estudo pode contribuír a aclarar a complexidade das accións levadas a cabo durante a participación nas prácticas científicas a través de actividades de indagación auténticas. Parte da comunidade de didáctica das ciencias recomenda a participación do alumnado nestas prácticas e nós coincidimos con esta recomendación, pero consideramos que tamén é importante apoiar ao profesorado durante a implementación deste tipo de tarefas, identificando os obstáculos que o alumnado pode encontrar e as posibles formas de actuar para solventalos.

No seguinte capítulo examinamos as estratexias levadas a cabo polos docentes para axudar ao alumnado durante a posta en práctica da tarefa 1, que se corresponde co segundo obxectivo de investigación da tese: *Identificar o tipo de estratexias docentes que promoven a participación do alumnado nas prácticas científicas.*

8.6 A modo de síntese: evolución do alumnado ao longo do estudo

Neste apartado examínase a evolución xeral do alumnado nalgúns dos desempeños característicos da indagación ao longo do estudo. Resúmense as pautas de evolución identificadas nos capítulos 6, 7 e 8 e complétanse coa análise das respostas escritas á proba de avaliación do estudo realizada dous meses despois da última tarefa (tarefa 5) para analizar a transferencia de coñecemento.

8.6.1 *Evolución dos desempeños nas tarefas de laboratorio*

No capítulo 6 examínanse os desempeños correspondentes ás tres categorías de operacións epistémicas (produción, avaliación e comunicación de coñecemento) levados a cabo polo alumnado ao longo das cinco tarefas do estudo. Como aspectos de evolución identifícase unha diminución na frecuencia de episodios para as operacións xerais. Pensamos que esta diminución está relacionada coa familiarización dos estudantes co procedemento de resolución das tarefas, xa que ao final do estudo o alumnado ten experiencia en levar a cabo operacións como a proposta de deseño, o uso de criterios de identificación ou a interpretación dos resultados, por tanto discute menos sobre estes procesos o que se traduce en menos episodios identificados nas transcripcións.

No capítulo 7 analízanse as propostas de deseño do alumnado ao longo do estudo. Como criterio da evolución examínase a idoneidade ou non das propostas elaboradas para resolver a tarefa e a necesidade ou non de apoio do profesor durante a elaboración das mesmas. Identifícase progreso nas últimas tarefas do estudo, aínda que as pautas son diferentes en cada pequeno grupo. No grupo O/O' a evolución aparece nas tarefas 4 e 5, ambas permiten resolver a tarefa de forma axeitada, mais na tarefa 4 reciben axuda do profesor para elaborar a proposta e na 5 non. No grupo P/P' a evolución aparece só na tarefa 5, xa que a proposta de deseño elaborada sen precisar o apoio do profesor permite resolver a tarefa de forma axeitada. E no grupo T/T' a evolución aparece de forma progresiva nas tarefas 4 e 5, na catro reciben a axuda do profesor para elaborar a proposta mais

esta non permite a resolución completa da tarefa, senón só parcial e na cinco elaboran a proposta sen a axuda do profesor e permite resolver a tarefa.

Neste capítulo 8 discútase a evolución na interpretación e regulación de resultados anómalos obtidos na posta en práctica. Examínase en termos de operacións de regulación relacionada co control metacognitivo do alumnado: control, avaliación e proposta de accións. Os resultados indican unha evolución positiva, de menor a maior regulación en dous dos tres grupos (O/O' e T/T') mentres que no grupo P/P' a evolución é negativa pasando de maior regulación ao principio do estudo a menor no final.

As pautas identificadas complementáanse cos resultados obtidos na proba de avaliación que se discuten a continuación.

8.6.2 *Transferencia de coñecementos: proba de avaliación*

A proba de avaliación do estudo consiste na resolución individual de seis ítems de forma escrita sobre cuestións relacionadas co deseño de experimentos e interpretación de resultados derivados de investigacións. Os ítems 1 e 2 correspóndense con dúas preguntas abertas utilizadas na avaliación PISA de 2003 denominada “As moscas” sobre o deseño de experimentos (ítem 1) e a xustificación de conclusións (ítem 2). Os ítems 3 a 6 consisten en catro preguntas de opción de resposta múltiple utilizadas na avaliación PISA de 2006 denominada “Protectores Solares” sobre desempeños relacionados co deseño e interpretación de resultados dunha investigación. Neste caso, a diferenza da avaliación PISA, pídese ao alumnado que ademais de sinalar a opción correcta xustifique a súa resposta en todos os ítems. O enunciado de cada ítem recóllese no anexo 3.

Na táboa 8.10 resúmense os resultados correspondentes aos 6 ítems.

Ítem	Desempeño avaliado	Respostas correctas	Xustificación	N
1	Proposta de deseño	7/10	Deseño en función de tres variables	1
			Deseño en función de dúas variables	2
			Deseño en función dunha variable	4
			Explicación incorrecta	1
			Non responde	1
2	Xustificación de conclusións	8/10	2 explicacións alternativas	1
			1 explicación alternativa e explicación da suposición do granxeiro	4
			1 explicación alternativa e unha incorrecta	3
			Explicación da suposición do granxeiro	1
			Non responde	1
3	Identificación do papel das substancias de referencia	10/10	Identifica a función de cada substancia de referencia	3
			Identifica o propósito da súa utilización mais o non papel de cada unha	1
			Non identifica a función das substancias de referencia	5
			Non xustifica	1
4	Identificación do obxectivo da tarefa	8/10	Xustificación relacionada co obxectivo da tarefa	3
			Relaciona a cor de cada mostra coa protección solar	3
			Repite a información da pregunta na xustificación	1
			Xustificación incorrecta	3
5	Control de variables	5/10	Xustificación relacionada co control de variables	4
			Repite a información da opción escollida na xustificación	1
			Xustificación incorrecta	5
6	Interpretación de resultados	9/10	Xustificación relacionada coa función das substancias de referencia	8
			Xustificación incorrecta	2

Táboa 8.10 Resultados da proba de avaliación.

O ítem 1 avalía o desempeño "proposta de deseño", e require que o alumnado propoña como comprobar a suposición dun granxeiro de que o insecticida que utilizou contra unha poboación de moscas se descompón co tempo. Como resposta, sete de dez estudantes propoñen un deseño que permita comprobar a suposición, mais deses sete só un ten en conta as tres variables

relacionadas (tipo de moscas, idade do insecticida e exposición), dous teñen en conta dúas variables e catro unha variable.

O ítem 2 examina a xustificación de conclusións, para o que require que o alumnado propoña dúas explicacións alternativas á do granxeiro de por que o insecticida A é cada vez menos efectivo. Das respostas do alumnado extráese que oito de dez son capaces de xustificar a conclusión, máis só un é capaz de propoñer as dúas explicacións alternativas que se demandan. Catro estudantes propoñen unha explicación alternativa e outra que consiste na explicación da suposición do granxeiro coas súas propias palabras. E os tres restantes propoñen unha explicación alterantiva e outra incorrecta.

O ítem 3 analiza a capacidade para identificar o papel das substancias de referencia na investigación sobre os protectores solares. Neste caso todo o alumnado selecciona a opción de resposta correcta, mais cando se pide que xustifiquen a resposta obsérvanse diferenzas. Así só tres de dez estudantes xustifican a resposta en base á función de cada substancia de referencia e un identifica o propósito de utilizalas mais non a súa función. O resto non identifican a función (cinco de dez) ou non xustifican a resposta (un de dez).

O ítem 4 avalía a identificación do obxectivo da tarefa, no que oito de dez estudantes seleccionan a opción correcta, mais só tres a teñen en conta para xustificar a súa resposta. Do outro alumnado, tres relaciona a cor de cada mostra coa maior ou menor protección solar, un repite a información da pregunta na xustificación e tres non xustifica.

O ítem 5 examina o control de variables no experimento, ao que cinco de dez estudantes seleccionan a opción de resposta correcta. Deses cinco estudantes, catro xustifica a opción en función da necesidade de controlar as variables e un repite a información da pregunta na xustificación. Os cinco restantes seleccionan unha opción incorrecta e por tanto a xustificación tampouco é adecuada.

O ítem 6 avalía a interpretación de resultados na investigación dos protectores solares. Nel o alumnado ten que seleccionar entre catro esquemas cal representaría un posible resultado de investigación. Neste caso nove dos dez

estudiantes seleccionan a opción de resposta correcta, e deses nove, oito xustifican a opción de forma correcta.

Cabe sinalar que, como se indica arriba, os ítems 3 a 6 forman parte da proba PISA de 2006 (OCDE, 2007), situándose en distintos niveis de competencia en función da súa dificultade. Isto permite avaliar a competencia científica do alumnado en función dos seus desempeños. Así utilizamos os resultados obtidos polo alumnado español na proba de 2006 para comparar cos do alumnado participante no noso estudo, que se representa na figura 8.6.

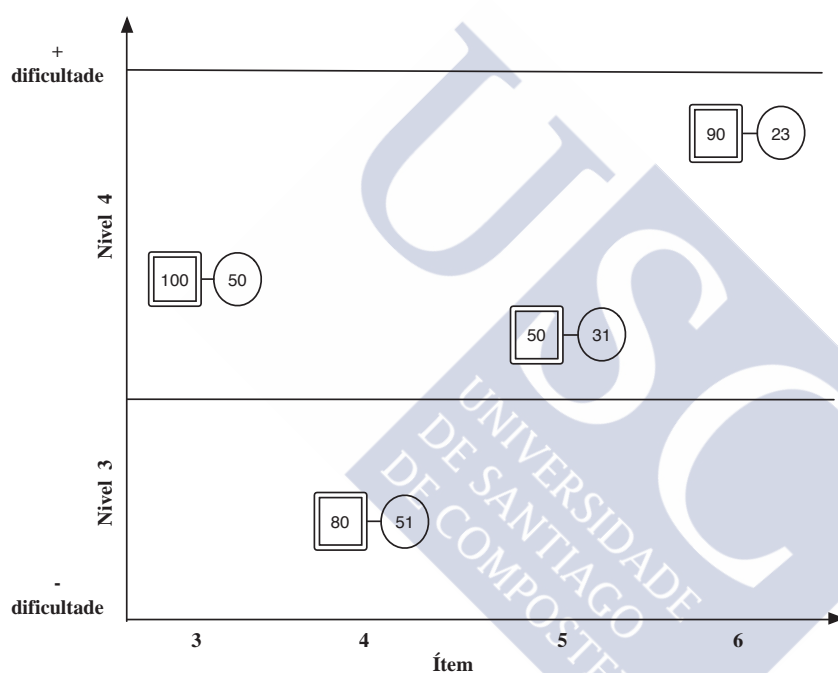


Figura 8.6 Porcentaxes de acerto nos ítems 3 a 6 do alumnado do estudo e do alumnado español na avaliación PISA de 2006.

Lenda: □ alumnado do estudo; ○ alumnado informe PISA.

Na figura 8.6 ilústranse os resultados obtidos polo alumnado que participa no estudo lonxitudinal, representados polos números dentro do cadrado, e compáranse cos resultados obtidos polo alumnado español que participou na avaliación PISA de 2006, representados polos números do círculo. Os resultados preséntanse en porcentaxes, aínda que sabemos que non é axeitado utilizalos para unha mostra tan pequena, mais é para poder comparalos cos resultados de PISA.

Como se representa na figura 8.6, a porcentaxe de respostas correctas para todos os ítems é superior no alumnado do noso estudo que no alumnado español

avaliado en PISA. Nalgúns ítems como o tres e o catro a diferenza de acertos entre grupos é elevada, por exemplo no ítem tres a porcentaxe de acertos do noso alumnado é tres veces superior e no ítem catro é catro veces superior. O propósito non é tanto comparar os desempeños de ambos, xa que a mostra é diferente en canto a tamaño e idade (16 o noso alumnado e 15 en PISA), senón avaliar o efecto que ten a realización das tarefas do noso estudo na aplicación do coñecemento sobre as investigacións científicas, é dicir examinar a transferencia de coñecemento.

En conxunto obsérvase que os dez estudantes recoñecen o papel das substancias de referencia na investigación, oito de dez identifican correctamente o obxectivo da tarefa, a metade (cinco de dez) recoñece a necesidade de controlar as variables na investigación e nove de dez interpretan correctamente os posibles resultados da investigación.

Dos resultados obtidos nesta proba podemos concluír que o alumnado é quen de aplicar os coñecementos sobre a indagación científica nun contexto diferente, neste caso teórico e no que non participan nos procesos de planificación e posta en práctica, senón que teñen que interpretalos.

Por tanto, tendo en conta a definición de competencia científica establecida no currículo de secundaria como: “*A capacidade de poñer en práctica de forma integrada, en contextos e situacións diversas, os coñecementos, as habilidades e as actitudes persoais adquiridas*” (DOG, 2007, p.12042), podemos sinalar que a participación do alumnado na planificación e posta en práctica de investigacións así como na análise e interpretación dos resultados obtidos nas investigacións permite contribuír ao desenvolvemento da competencia científica. Mais isto non se consegue de forma inmediata senón que é un proceso que ten lugar ao longo do tempo, polo que suxerimos a incorporación de tarefas que demanden a planificación de investigacións e a análise e interpretación de resultados de forma regular e progresiva nas aulas.



CAPÍTULO 9

ESTRATEGIAS DOCENTES QUE PERMITEN O DESENVOLVEMENTO DA COMPETENCIA CIENTÍFICA E A PARTICIPACIÓN NAS PRÁCTICAS CIENTÍFICAS

9.1 Introducción

Este capítulo aborda os resultados correspondentes ao segundo obxectivo de investigación: “*Identificar un repertorio de estratexias docentes que promoven a participación do alumnado nas prácticas científicas*”. Este obxectivo concrétese nas preguntas cinco e seis de investigación:

Pregunta 5: *Que operacións epistémicas promove o profesorado na súa práctica docente?*

Pregunta 6: *Que tipo de apoio relacionado coa transferencia de responsabilidade proporciona o profesorado ao alumnado durante deseño e posta en práctica de investigacións no laboratorio?*

Examínase o discurso de dous profesores e a idoneidade do mesmo para promover a participación do alumnado nas prácticas científicas, en termos de: a) as operacións epistémicas que promoven no alumnado; e b) as estratexias de andamiaxe que utilizan para apoiar ao alumnado durante a resolución da tarefa.

O interese deste capítulo radica nas dificultades que o alumnado experimenta para levar a cabo actividades de indagación e nas que o profesorado encontra cando pon en práctica este tipo de actividades na aula. Na literatura hai estudos que sinalan esta dificultades, discutidas no capítulo 2, (e.g. Kanari & Millar, 2004; Krajcik et al., 2001; Zimmerman, 2000). Por tanto, como sinala

Jiménez-Aleixandre (2008), o alumnado precisa axuda para participar nas prácticas científicas de forma satisfactoria, tanto do profesorado como dos materiais curriculares e outras dimensións educativas. Nos últimos anos hai algunhas investigacións que examinan as estratexias que o profesorado utiliza cando o alumnado participa nas prácticas científicas, mais non nun contexto experimental. Christodoulou (2011) examina o discurso epistémico de dous profesores na argumentación. Esta autora encontra que os docentes tratan os aspectos constructivos e xustificativos das operacións epistémicas, mais experimentan dificultades para conseguir que o alumnado leve a cabo operacións de avaliación de coñecemento. Enfield, Smith e Grueber (2008) exploran o efecto da atención explícita ás prácticas epistémicas nos materiais curriculares, encontrando que a andamiaxe aumenta a participación do alumnado no razoamento científico. Ryder e Leach (2008) estudan a dimensión epistémica do discurso do profesorado como unha característica relevante para a comprensión epistemolóxica do alumnado, encontrando dificultades para manexar aspectos epistemolóxicos.

En canto ao laboratorio, Lunetta, Hofstein e Clough (2008) indican que existen poucos estudos que examinen a natureza do apoio proporcionado polo profesorado e polos materiais curriculares en contextos experimentais. Reigosa e Jiménez-Aleixandre (2007) examinan a andamiaxe do profesorado no proceso de transferencia de responsabilidade ao alumnado para realizar as tarefas de forma autónoma. Ozdem, Ertepinar, Cakiroglu e Erduran (2011) analizan a argumentación do profesorado en formación en contextos de laboratorio, mais non existen estudos que caractericen as prácticas epistémicas xerais polo profesorado durante a indagación. Este traballo pretende contribuír a encher este oco examinando as estratexias docentes en termos da súa adecuación co propósito de conseguir que o alumnado participe nas prácticas científicas e do seu apoio na transferencia de responsabilidade ao alumnado.

En primeiro lugar preséntase o deseño do estudo, os participantes e o contexto. A continuación discútese as ferramentas de análise. En terceiro lugar examínanse os resultados correspondentes ás operacións epistémicas levadas a

cabo polos docentes e por último discútnense as estratexias de andamiaxe utilizadas para implicar ao alumnado nas operacións epistémicas.

9.2 Contexto e ferramentas de análise

Este capítulo enmárcase nos procesos polos que se levan a cabo as prácticas epistémicas, mais que nos produtos finais (Kelly, 2008b). Utilízase o enfoque de estudo de caso (Yin, 2012), apropiado para o propósito de proporcionar unha descrición detallada das prácticas do profesorado.

Os participantes son dous profesores e as súas respectivas aulas (N=41) de alumnado de 3º de ESO. O profesor 1 é o docente dun aula de 3º de ESO (N=20) que participa só na tarefa 1 do estudo lonxitudinal, que como se menciona no capítulo 3, tivo que abandonar o estudo por motivos profesionais. Este estudo correspóndese co estudo de caso descrito no deseño da investigación na figura 3.1. O profesor 2 é o docente do alumnado que participa no estudo lonxitudinal discutido nos capítulos 6, 7 e 8. Ambos profesores teñen distintos perfiles profesionais: o profesor 1 é licenciado en bioloxía con máis de dez anos de experiencia como profesor de secundaria e o profesor 2 é licenciado en química con máis de 25 anos de experiencia como profesor de secundaria. A análise dos datos realízase en dous niveis, elaborando unha rúbrica para cada nivel:

1) No primeiro nivel elabórase un repertorio coas operacións epistémicas identificadas nas estratexias docentes de ambos profesores. As operacións diferencíanse en: a) levadas a cabo (*performed*) polos docentes e b) promovidas (*prompted*). A rúbrica de análise é similar á do capítulo 6 que parte dos estudos sobre prácticas epistémicas (Jiménez et al., 2008; Kelly, 2008a; e Pontecorvo & Girardet, 1993). Esta rúbrica adáptase ao discurso do profesorado incluíndo a diferenzación entre operacións realizadas (*performed*) e promovidas (*prompted*) proposta por Christodoulou (2011). Esta autora caracteriza as operacións levadas a cabo como accións discursivas que o profesorado leva a cabo a través do seu discurso, por exemplo proporcionar una explicación científica ou exemplificar un procedemento concreto. En cambio, as operacións promovidas defíneas como accións discursivas dirixidas a promover ou conseguir que o alumnado participe

no proceso de aprendizaxe. Por exemplo, neste estudo, promover que o alumnado participe nas práctica epistémica de suxerir criterios para o control de variables ou na do deseño do experimento.

As operacións epistémicas que constitúen a rúbrica de análise divídense nas tres categorías de prácticas (produción, avaliación e comunicación de coñecemento), igual que no capítulo seis, mais non todas coinciden coas levadas a cabo polo alumnado. No discurso do profesorado identifícanse as seguintes:

Categoría	Operación: levada a cabo ou promovida
Produción	Proposta de deseño
	Explicación científica
	Uso de representación
	Exemplificación
	Proposta de medida de variables
	Proposta sobre a precisión do deseño
	Proposta sobre de control de variables
Avaliación	Proposta de criterios para o control de variables
	Proposta de criterios de avaliación
	Avaliación de propostas e/ou produtos
	Comparación
	Xustificación
	Interpretación de resultados
Comunicación	Clarificación
	Uso da linguaxe científica

Táboa 9.1 Operacións epistémicas identificadas no discurso do profesorado.

As operacións da táboa 9.1. coinciden con algunhas das discutidas no capítulo 6, por exemplo a explicación científica, definición, uso de representación, etc. Outras como a proposta de deseño, ou sobre o control de variables correspóndense cos desempeños específicos do alumnado analizados no capítulo 7, e outras como a proposta sobre a precisión do deseño ou a clarificación son características do discurso do profesorado.

2) No segundo nivel, analízanse as operacións promovidas en termos do grao de responsabilidade e autonomía que se lle otorga ao alumnado e outras estratexias de andamiaxe. A rúbrica parte do modelo de andamiaxe proposto por Van de Pol et al. (2010). Estes autores caracterizan a andamiaxe como un apoio temporal proporcionado para completar unha tarefa sen o cal o alumnado non sería quen de rematala. Identifican tres características clave (continxencia,

desvanecemento, e transferencia de responsabilidade). Destas tres dimensións, centrámonos neste capítulo na terceira, a transferencia de responsabilidade. Coincidimos con Van de Pol et al. en subliñar que a andamiaxe non é sinónimo de apoio, senón que unha característica clave é a natureza temporal, a súa retirada ao longo do tempo. Por tanto a transferencia de responsabilidade ten lugar cando o alumnado toma o control do proceso de resolución da tarefa de forma gradual. Para a análise das estratexias de andamiaxe utilizamos o marco de análise proposto por Van de Pol et al. que comprende seis categorías: retroalimentación, pistas, instrución, explicación, modelización e formulación de preguntas. As categorías de Van de Pol et al. utilízanse para distribuír as estratexias docentes identificadas no discurso de ambos profesores. A lista resultante aplícase aos datos en varios ciclos iterativos de análise e discútese coa directora da tese. Finalmente selecciónanse catro das seis categorías preliminares (formulación de preguntas, explicación, modelización e proporción de pistas) porque son as que mellor se adaptan ás estratexias identificadas no discurso docente. Na táboa 9.2. resúmense as estratexias de andamiaxe que constitúen a rúbrica de análise.

Categoría	Tipo de estratexia
Formulación de preguntas	Formulación de preguntas abertas Formulación de preguntas pechadas Explicitación de preguntas no alumnado Resposta ás propias preguntas
Explicación	Proposta de criterios
Modelización	Exemplificación das formas alternativas de avaliación da eficacia da pasta Modelización dos informes escritos
Proporcionar pistas	Pistas sobre unha das opcións de medida da eficacia das pastas Pistas sobre a necesidade de precisión

Táboa 9.2 Estratexias de andamiaxe do profesorado.

As estratexias de andamiaxe representadas na táboa 9.2. divídense en catro categorías: formulación de preguntas, explicación, modelización e proporción de apoio e cada categoría comprende varios tipos de estratexias, que se discuten a continuación.

A estratexia *formulación de preguntas*, na que o profesorado pretende axudar ao alumnado na resolución da tarefa explicitando o coñecemento a través de preguntas comprende catro tipos:

a) Formulación de preguntas abertas: preguntas que non indican información sobre a resposta.

b) Formulación de preguntas pechadas: preguntas que inclúen a resposta na súa formulación

c) Explicitación de preguntas no alumnado: promove a formulación de preguntas no alumnado

d) Resposta ás propias preguntas: resolución da pregunta formulada polo propio profesor.

A estratexia *explicación*, na que o profesorado aclara ao alumnado certos aspectos da tarefa, implica a proposta de criterios para a avaliación dos deseños, a comparación das pastas de dentes, ou para o uso da analoxía.

A *modelización* implica a axuda do profesorado a través da exemplificación de certos aspectos e comprende dous tipos:

a) Exemplificación de formas alternativas de avaliación: consiste na ilustración dos métodos de medida da eficacia das pastas

b) Modelización dos informes escritos: consiste en exemplificar como debe redactarse o informe cos resultados da investigación.

A *proporcionar pistas* implica dar información (non indicar os pasos) sobre aspectos necesarios para resolver a tarefa e inclúe dous tipos:

a) Pistas sobre unha das (tres) opcións: consiste en proporcionar información sobre un dos tres métodos de avaliación da eficacia das pastas, quitando importancia ao resto.

b) Pistas sobre a necesidade de precisión: consiste en proporcionar información sobre a necesidade de elaborar deseños e informes precisos

A continuación preséntanse os resultados correspondentes ás operacións epistémicas e ás estratexias de andamiaxe empregadas polo profesorado.

9.3 Operacións epistémicas no discurso do profesorado

Neste apartado examínanse os resultados correspondentes ás operacións epistémicas presentes no discurso do profesorado durante a posta en práctica da tarefa 1 nas súas aulas. Diferénciase entre operacións levadas a cabo polo

profesorado (P1 e P2) e as operacións promovidas no alumnado. O número de operacións identificadas resúmense na táboa 9.3. Cabe sinalar que unha operación pode estar constituída por un ou varios turnos de palabra.

Categoría	Operacións realizadas	P1	P2	Operacións promovidas	P1	P2
Produción	Proposta de deseño	9	18	Proposta de deseño	4	8
	Explicación científica	11	9	Explicación científica	4	2
	Uso de representación	-	2	Uso de representación	5	8
	Exemplificación	2	3	Medida de variables	1	1
				Precisión de deseño	-	17
				Control de variables	-	13
	Total	22	32		14	51
Avaliación	Uso de criterios para o control de variables	7	7	Uso de criterios para o control de variables	4	9
	Uso de criterios de avaliación	10	4	Avaliación de propostas e/ou produtos	4	19
				Comparación	14	6
				Xustificación	7	10
				Interpretación de resultados	2	1
	Total	17	11	Total	31	45
Comunicación				Clarificación	3	4
				Uso da linguaxe científica	2	3
	Total	-	-	Total	5	5
Total		39	43		50	101

Táboa 9.3 Prácticas científicas e operacións levadas a cabo e promovidas polo profesorado. Lenda: P1=profesor 1; P2= profesor 2.

A continuación discútense os tipos de operacións levadas a cabo e promovidas polos docentes en cada categoría de prácticas.

9.3.1 Operacións de produción de coñecemento

As operacións de produción de coñecemento son sete. Algunhas como a explicación científica ou o uso de representación lévanse a cabo e promóvense, outras como a exemplificación só se levan a cabo e outras como a medida de variables ou o control de variables só se promoven. A continuación ilústrase cada operación con exemplos do discurso de cada profesor.

A *proposta de deseño* identifícase no discurso de ambos docentes, tanto como operación levada a cabo como operación promovida. Un exemplo no profesor 1 é o seguinte:

70 Profesor 1: Mirade, as cunchas que vos vamos a dar xa foron lavadas durante varios días con pasta equis e pasta y e vós sabedes cuál é. E hai outra que está lavada con auga. Temos cunchas lavadas con equis, cunchas lavadas con y e cunchas lavadas con auga, están aí á vosa disposición. De eso xa dispoñedes, dacordo?

Neste exemplo ponse de manifesto como o profesor indica o tipo de mostras que teñen que utilizar para a avaliar a eficacia das pastas e por tanto o número mínimo de mostras (tres, unha de cada tipo). Con esta intervención xa indica a necesidade do uso da mostra control (cuncha lavada con auga) aínda que non coñezan cal é o propósito de usala.

A *explicación científica* identifícase tamén en ambos docentes mais con menor frecuencia que a operación anterior. Un exemplo no profesor 2 é o seguinte:

12 Profesor 2: Porque a caries é un ataque con ácido. Os ácidos que se forman na boca debido a restos de azúcares en medio ácido co cal contribúen as bacterias a formar ese medio ácido. E ese ácido ataca sustancias do dente, fundamentalmente carbonatos. Como se pode evitar? Con moitas cousas como sabedes: non comendo azúcar, lavando os dentes... pero está o flúor. Porque o flúor fai un papel importante, non? Que ven aí [no guión]. E unha das maneiras de que o flúor actúe en contacto co dente é botando a pasta dentífrica. Entón son pastas con flúor, dacordo? As pastas que se venden, a maioría delas xa son con flúor, con fluoruro de sodio.

Esta explicación está dirixida a toda a clase no inicio da sesión. O profesor 2 explica o proceso de aparición das caries e o papel do flúor que conteñen os dentífricos na prevención da caries.

O *uso de representación* identifícase como operación promovida en ambos docentes mais como operación levada a cabo só no profesor 2. Un exemplo do profesor 1 é o seguinte:

266 Profesor 1: Ben, agora me queda por dicir que evidentemente aquí non estamos usando dentes senón que estamos facendo un modelo da realidade da boca fóra, e eu vos pregunto a ver si está claro: Quen é o dente no voso experimento?

267 Todos: As cunchas

268 Profesor 1: *As cunchas. O medio ácido da boca que destrúe os dentes, quen é no voso experimento?*

269 Todos: *O ácido clorhídrico*

270 Profesor 1: *O ácido clorhídrico. A boca quen é no voso experimento?*

271 Todos: *O tubo de ensaio*

272 Profesor 1: *A pasta de dentes quen é no voso experimento?*

273 Néstor: *A pasta de dentes*

274 Profesor 1: *E a acción das bacterias, o que fan as bacterias na boca, que é?*

275 Néstor: *As burbullas*

276 Profesor 1: *As burbullas de gas, perfecto. Tedes identificado perfectamente o modelo.*

Neste fragmento o docente, despois de que o alumnado planificase o deseño, fai que o alumnado relacione un a un os elementos da simulación que van utilizar cos seus equivalentes na realidade, por exemplo as cunchas representan os dentes e o tubo de ensaio a boca.

A *exemplificación* só se identifica como operación levada a cabo en ambos docentes e non como promovida. Un exemplo é o seguinte:

208 Profesor 1: *Imaxinade que queredes medir como inflúe a coca-cola na presión arterial: lle dou coca-cola light e coca-cola normal e despois a un non lle dou nada máis que auga para ver algo, alguén que está fora do experimento: como se chama isto?*

O profesor pon un exemplo dunha posible investigación a realizar, a influencia da coca-cola na presión arterial, co propósito de que o alumnado identifique a necesidade de utilizar unha mostra control no experimento, que no seu caso sería unha cuncha sen tratar coa pasta de dentes.

A *medida de variables* só se identifica como operación promovida en ambos docentes. Un exemplo do profesor 1:

286 Profesor 1: *Pensade a ver cómo ides a medir o tempo dos tres*

287 Luis: *Hai que repartilo en tres: cento cincuenta [mililitros], cincuenta por tubo.*

O profesor promove que o alumnado pense sobre como medir o tempo das tres mostras que van utilizar no experimento (unha cuncha lavada con pasta x, outra con pasta y e outra con auga). Esta operación non ten éxito xa que os estudantes non teñen en conta a súa suxerencia senón que discuten sobre a cantidade de ácido a utilizar na reacción.

O resto de operacións (precisión e control de variables) só se identifican como promovidas no discurso do profesor 2. Un exemplo de *precisión* aparece na posta en común dos deseños elaborados por cada pequeno grupo:

325 Profesor 2: *Ben, e vós [grupo T] igual que elas, ben. Tiñades pensado cantos anacos de cuncha ides usar? [ao grupo O]*

326 Ofelia: *Tres, tiñamos que ter cunchas sin tratar para ver si lle afectaba, para ver si podería ser tamén da calidade dos dentes.*

327 Profesor: *A ver, cantas?*

328 Olaia: *Dez.*

329 Olga: *Seis*

330 Profesor: *Seis, e as seis que serían?*

331 Olga: *Dúas con pasta de dentes, dúas con pasta i, dúas con patas equis e dúas sin nada*

O profesor promove que o alumnado elabore un deseño preciso en canto ao tipo e número de mostras de cuncha a empregar. Pregunta ao grupo O sobre o número de mostras a realizar, mais non obtén a precisión esperada xa que Olga (329) respóndelle indicando que van utilizar seis, sen indicar de que tipo sería cada unha ou se van utilizar unha mostra control. Por tanto o profesor (330) pregúntalles sobre o tipo de mostras, desa forma obtén a resposta que quería saber: Olga (331) indica que van utilizar dúas mostras de cada incluíndo a mostra control.

Un exemplo de *control de variables* identifícase cando o alumnado en pequeno grupo discute o deseño elaborado co profesor, previo á posta en común:

221 Profesor 2: *Entón botádeslle ácido, o ácido variades a cantidade de ácido en cada mostra ou botades sempre o mesmo?*

222 Olivia: *O mesmo*

223 Olga: *Nas dúas primeiras o mesmo dos dous diferentes [as dúas pastas], e despois nas seguintes podemos probar con distintos*

O profesor 2 promove o control da variable ácido, preguntando se van utilizar sempre o mesmo ou van variar a cantidade. Olivia (222) propón utilizar sempre o mesmo mais Olga (223) propón utilizar a mesma cantidade na primeira comparación entre as pastas e despois realizar outras probas con distintas cantidades de ácidos.

9.3.2 Operacións de avaliación de coñecemento

As operacións de avaliación que se identifican no discurso dos docentes son seis. Das seis só unha, o uso de criterios para o control de variables, aparece en ambos profesores como operación levada a cabo e promovida. Das cinco restantes, o uso de criterios de avaliación aparece en ambos profesores como operación levada a cabo, e as outras (avaliación, comparación, xustificación e interpretación de resultados) aparecen como operacións promovidas en ambos docentes. A continuación ilústrase cada operación con exemplos do discurso de cada profesor.

O uso de criterios para o control de variables identifícase por exemplo no profesor 2 cando lles axuda a decidir os materiais a utilizar no deseño:

183 Profesor 2: *Tres cachos de cuncha, iguais ou distintas?*

184 Olaia: *Distinto*

185 Olivia: *Iguales*

186 Olga: *Iguales, máis ou menos da mesma... que pesen o mesmo, máis ou menos*

187 Profesor 2: *Para o peso ides ter unha balanza e ídelo mirar, que pesen canto?*

188 Olga: *Cero con cinco gramos*

189 Profesor 2: *Moi ben, que máis? Tres cachos de cuncha de cero cinco. Iguales os tres cachos ou con algunha diferenza entre eles?*

190 Olaia: *No, iguales*

191 Profesor 2: *Ben, qué máis. Seguinte!*

O profesor 2 promove no alumnado o uso de criterios para o control de variables, en particular das variables tipo e masa de cuncha. Nos turnos 183 e 189 pregunta se van empregar os tres anacos de cuncha iguais o distintos, ao que Olga (186) responde que van ser iguais e do mesmo peso. A continuación indícalles que van poder pesar os anacos de cuncha cunha balanza, por tanto Olga (188) indica a masa de cuncha que van utilizar (0,5 gramos).

O uso de criterios de avaliación identifícase no profesor 1 durante a planificación do deseño:

280 Profesor 1: *Mirade cómo ides a facer para saber cal é antes, haberá que medir o tempo, non?*

281 Lucas: *Hai que coller o reló*

[...]

342 Profesor 1: *Medimos o tempo hasta que [o globo colocado no tubo de ensaio] esté de pé*

O profesor propón un criterio a utilizar para avaliar a efectividade das pastas de dentes, medir o tempo. Máis adiante completa este criterio indicando que teñen que medir o tempo que tarda en poñerse vertical un globo colocado no tubo de ensaio.

A avaliación de propostas e/ou productos identifícase por exemplo cando o profesor pretende que o alumnado examine como pode diferenciar as pastas de dentes en función da súa eficacia.

31 Profesor 2: É igual ver cal é a mellor ou cal é a peor, ben. E en qué se nota cando unha pasta é boa e cando non é boa?

32 Paula: Nas caries que haxa

33 Profesor 2: Eso na realidade, pero no noso modelo de laboratorio? Non vamos a producir caries!

34 Ofelia: No tempo que tarda en producir caries

35 Paula: En cantas capas de calcio lle saca, reduce bah.

36 Profesor 2: En cantas capas de calcio reduce, eso sería unha posibilidade.

O profesor 2 (31), no inicio da fase de planificación da investigación, pregunta a todo o grupo clase como avaliar se unha pasta é boa ou non. Paula (32) responde que se podería avaliar en función das caries que se produzan, é dicir, non está pensando na simulación que van realizar no laboratorio senón na vida real, ao igual que Ofelia (34). O profesor (33) precisa a pregunta para centrar ao alumnado na simulación a nivel de laboratorio. Paula (35) propón avaliar a eficacia en función de cantas capas de calcio perde a cuncha. Aínda que é unha proposta aceptada como válida polo profesor non é factible xa que o efecto protector das pastas nas cunchas é tan pequeno que non permitiría observar diferenzas significativas no peso de ambas unha vez finalizada a reacción.

A comparación é promovida por ambos docentes, por exemplo cando o docente intenta que o alumnado compare cal é a mellor pasta.

232 Profesor 1: Pero cual sería a mellor e a peor?

233 Luis: A que menos gas solte sería a mellor

234 Profesor 1: Por que?

235 Luis: Porque a pasta ten que reducir os ácidos, matar a...

236 Profesor 1: A pasta ten que reducir o efecto dos ácidos sobre os minerais, pero cual sería a mellor e a peor?

Neste fragmento, similar ao anterior, o profesor 1 pretende que o alumnado compare o efecto das pastas, clasificándoas en mellor e peor. Luis (233) propón que a mostra que menos gas solte será a mellor.

A *xustificación* identifícase cando o profesorado pide ao alumnado que xustifique un enunciado de coñecemento, por exemplo no fragmento anterior, no turno 234 o profesor 1 pide a Luis (233) que xustifique o enunciado do turno 233, de por que a pasta que solte menos gas sería a mellor. Luis (235) xustifica a resposta en base ao efecto reductor que ten a pasta sobre os ácidos que se crean na boca despois de comer.

A *interpretación de resultados* como operación promovida dase cando os docentes promoven que o alumnado interprete os resultados da investigación en base á simulación do proceso da caries:

520 Profesor 1: Atención todos, unha cousa importante, cual é o efecto da pasta en todo este proceso? E que aquí dicen que destruye as bacterias. Non creo. Estou facendo unha pregunta para todos, cual é o efecto da pasta en enlentecer o proceso da caries? Dicen aquí que elimina as bacterias, a ver pensemos: non porque as bacterias son as que producen o ácido e viven tranquilamente nun medio ácido.

521 Jaime: Protexe o dente

522 Profesor 1: Si, pero hai que dicir en que punto protexe os dentes, pero en todo esto que estamos vendo que é o que fai?

523 Norma: Elimina o ácido?

524 Profesor: Eliminar o ácido

525 Nicolás: Retarda a reacción

526 Profesor: Claro, aí está, frena ou retarda esta reacción [a escrita na pizarra]. Ese é o efecto, vós poñede eso no informe.

O profesor 1, despois de que o alumnado realizou as probas de avaliación da eficacia das pastas, pretende que interpreten os resultados en función da simulación. Así pregunta cal é o papel da pasta na reacción, co obxectivo de que o alumnado comprenda que se trata dunha reacción de inhibición, e que canto máis fluoruro conteña a pasta máis vai retardar a reacción de destrución do mineral do dente. En canto ás respostas do alumnado, ao principio Jaime (521) indica que o papel da pasta é o de protexer o dente, Norma (523) propón que elimina o ácido que se xera na boca despois de comer e Nicolás (525) indica que retarda a reacción realizada na posta en práctica do deseño. A resposta de Nicolás é a que

se considera máis axeitada e o profesor indícalles que teñen que incluíla nos informes escritos.

9.3.3 Operacións de comunicación de coñecemento

As operacións de comunicación que se identifican no estudo son dúas, clarificación e uso da linguaxe científica, ambas promovidas polos docentes, non levadas a cabo.

A *clarificación* identifícase en ambos casos antes de que o alumnado deseñe o experimento, para aclarar as posibles dúbidas sobre o mesmo.

21 *Profesor 2: Todos acabáchedes de ler a parte de deseño do experimento? Dudas? Ten alguén dudas en algún punto?*

22 *Rosa: Pois eu, no apartado c, porque pon moitas opcións*

23 *Profesor 2: Pon moitas opcións, moi ben, entón eso vámolos ver agora.*

O profesor despois de que o alumnado lera o enunciado da tarefa, pregunta se teñen dúbidas nalgún punto, xa que o guión é moi extenso e contén moita información, que pode ser difícil de procesar cando non están habituados a resolver este tipo de actividades. Isto ponse de manifesto na resposta de Rosa (22) que ten dúbidas no apartado c, selección da técnica de medida da produción de gas, porque se dan varias opcións posibles. A continuación o profesor ilustra o funcionamento das técnicas de medida que se dan como opcións nese apartado (reproducido arriba na operación de exemplificación).

O *uso da linguaxe científica* promóvese cando se discute sobre o material a utilizar no experimento.

350 *Profesor: [...] Sabedes como se miden os líquidos? Alguén me di o nome dun instrumento para medir?*

351 *Sara: Probeta*

352 *Profesor: Probeta, están aí [enriba da mesa con todo o material a utilizar] as probetas! Ben e creo que non hai nada máis.*

O profesor pregunta se saben como se mide o volume dos líquidos e o nome dun instrumento para medilos. Sara (351) responde indicando a probeta, instrumento que van utilizar para medir o volume de ácido clorhídrico a utilizar na reacción coas cunchas lavadas con pasta de dentes.

9.3.4 Pautas que emerxen do estudo

Dos resultados resumidos na táboa 9.3. emerxen algunhas pautas que se discuten a continuación.

Máis operacións epistémicas promovidas que realizadas

Tendo en conta as tres categorías de prácticas (produción, avaliación e comunicación de coñecemento), no discurso do profesorado identifícanse máis operacións promovidas (N=50 en P1 e N=101 en P2) que realizadas (N=39 en P1 e N=43 en P2). Esta pauta identifícase tamén nas operacións de avaliación con case o dobre de operacións promovidas que realizadas para o profesor 1 e o triple para o profesor 2. Nas operacións de comunicación só se identifican operacións promovidas por ambos docentes. En canto ás operacións de produción, o profesor 1 leva a cabo máis operacións das que promove (22 fronte a 14), mentres que o profesor 2 promove máis das que leva a cabo (51 fronte a 32).

Esta pauta de predominio das operacións promovidas é coherente coa natureza e obxectivos da tarefa, que implica que o alumnado planifique e leve a cabo unha investigación de forma autónoma para avaliar e comparar a eficacia de dúas pastas de dentes.

Elevada frecuencia de operacións de avaliación de coñecemento

En canto á frecuencia das diferentes categorías de prácticas, as operacións que promoven a avaliación do coñecemento son elevadas en ambos docentes: 31 para o profesor 1 e 45 para o profesor 2. No caso do profesor 1 representan o triple das operacións de produción de coñecemento promovidas (N=14) mentres que no profesor 2 as operacións de produción son superiores ás de avaliación (N=51). Esta diferenza radica en que o profesor 2 ten en conta aspectos no deseño e posta en práctica da investigación que o 1 non considera, por exemplo o control de variables e a precisión. Ambos aspectos son moi importantes para a obtención de resultados representativos da investigación realizada.

En canto ao tipo de operacións promovidas, as máis frecuentes son diferentes no discurso de cada docente. O profesor 1 promove con máis frecuencia a comparación mentres que o profesor 2 a avaliación.

En canto ás operacións levadas a cabo polos docentes, nos discursos de ambos predominan as de produción de coñecemento, sendo case o triple que as de avaliación no discurso do profesor 2.

Rango de operacións dentro de cada categoría de prácticas

Existen diferenzas entre a variedade de operacións (realizadas e promovidas) dentro de cada categoría de prácticas (produción, avaliación e comunicación). A maior variedade encóntrase nas operacións de produción de coñecemento promovidas polos docentes, na que se identifican sete tipos de operacións, fronte aos cinco tipos nas de avaliación e os dous nas de comunicación.

Operacións nas que os episodios aparecen de forma periódica

A pesar de que existen operacións constituídas por un único turno de palabra, neste capítulo interesa a interacción, en particular as interaccións entre profesorado e alumnado. Consideramos como episodios as secuencias de tres ou máis turnos nas que o profesor promove a mesma operación. Estes episodios comprenden desde tres até 13 turnos de palabra. A distribución de episodios para cada operación promovida polos docentes resúmese na táboa 9.4.

Categoría	Operacións promovidas	T1 E(N)	T2 E(N)
Produción	Uso de representación	1(5)	5(8)
	Control de variables	-	1(13)
	Total	1(5)	6(22)
Avaliación	Uso de criterios para o control de variables	1(4)	3(9)
	Comparación	2(14)	1(6)
	Justificación	1(7)	1 (10)
	Total	4(25)	5(25)

Táboa 9.4 Operacións promovidas polo profesorado.

Lenda: E= episodios; N= número de turnos.

Como se resume na táboa 9.4., os episodios identifícanse para ambos docentes en tres operacións de avaliación e ningún nas operacións de comunicación. En canto ás de produción, hai diferenzas entre os docentes: o profesor 1 promove 1 episodio (o uso de representación) e o profesor 2 seis (cinco relacionados co uso de representación e un co control de variables).

En canto á frecuencia hai diferenzas entre os docentes. Na clase do profesor 2 identifícase maior frecuencia de episodios que promoven as prácticas de

produción e similar para as prácticas de avaliación. Comparando o número de operación (tendo en conta só as que se consideran na táboa 2 por ser episodios), na clase do profesor 1 o 16,6% son episodios e na do profesor 2 o 21,7%. Cabe sinalar que no caso do profesor 2 os episodios comprenden máis turnos de palabra. A continuación examínanse como se poñen en práctica as operacións promovidas no discurso do profesorado.

9.4 Andamiaxe ao alumnado na participación nas prácticas científicas

Neste apartado discútese as estratexias que empregan os docentes para promover a participación do alumnado nas prácticas científicas. O propósito é caracterizar o apoio dirixido á transferencia de responsabilidade ao alumnado. A análise céntrase nas operacións promovidas ao non estar encamiñadas as realizadas a que o alumnado leve a cabo accións de forma autónoma. As estratexias levadas a cabo por ambos docentes en 10 pequenos grupos: J, K, L, M e N (clase do profesor 1) e O, P, R, S e T (clase do profesor 2) resúmense na táboa 9.5.

Estratexias de andamiaxe	Operación epistémica promovida	T1	T2
<i>Formulación de preguntas</i>			
Formulación de preguntas abertas	Explicación científica	3	1
	Uso de representación	4	5
	Avaliación	-	13
	Uso de criterios para control de variables	-	3
	Comparación	7	5
	Interpretación de resultados	1	-
	Uso de linguaxe científica	2	1
Formulación de preguntas pechadas	Uso de representación	1	1
	Avaliación	2	4
	Uso de criterios para control de variables	3	4
	Interpretación de resultados	-	1
Explicitación de preguntas do alumnado	Clarificación	1	2
Resposta ás propias preguntas	Explicación científica	-	1
	Uso de representación	3	1
	Avaliación	1	-
	Uso de criterios para control de variables	-	1
Total		28	43
<i>Explicación</i>			
Proposta de criterios	Uso de representación	1	1
	Avaliación	2	-
	Comparación	-	3
Total		3	4
<i>Modelización</i>			
Exemplificación de formas de avaliación alternativos	Avaliación	-	1
Modelización de informes escritos	Uso da linguaxe científica	-	8
Total		-	9
<i>Proporcionar pistas</i>			
Pistas sobre unha das opcións de medida da eficacia das pastas	Avaliación	1	-
Pistas sobre a necesidade de precisión	Uso da linguaxe científica	-	1
Total		1	1

Táboa 9.3 Estratexias de andamiaxe nas operacións promovidas polo profesorado.

Dos resultados resumidos na táboa 9.3, as estatexias utilizadas con máis frecuencia por ambos docentes son as da categoría formulación de preguntas, o 87% das estratexias do profesor 1 e o 75% do profesor 2 pertencen a esta categoría. Dentro desta categoría distínguense catro tipos, sendo o máis frecuente

a formulación de preguntas abertas, xa se identifica 17 e 28 veces para o profesor 1 e 2 respectivamente. O seguinte tipo en frecuencia dentro da mesma categoría é a fomrulación de preguntas pechadas, que aparece seis e 10 veces respectivamente.

Dentro desta categoría encontramos diferenzas nas estratexias empregadas polos docentes en canto ao tipo de operacións epistémicas promovidas. Un exemplo dase nas estratexias relacionadas coa avaliación de coñecemento, operación relevante para a resolución da tarefa, xa que o alumnado ten que avaliar a eficacia de dúas pastas de dentes.

Sobre o tipo de prácticas promovidas a través de preguntas abertas, no profesor 1 oito corresponden á avaliación de coñecemento, sete a produción e dúas á comunicación. No discurso do profesor 2, 21 corresponden á avaliación, seis á produción e unha á comunicación. En canto á formulación de preguntas pechadas, cinco no profesor 1 e oito no 2 corresponden á avaliación de coñecemento. Ademais identifícanse catro episodios relacionados coa estratexia resposta ás propias preguntas correspondente á avaliación de coñecemento no profesor 1 e tres no profesor 2.

En canto ás outras estratexias, ambos docentes proporcionan criterios (explicación) para a avaliación con frecuencia similar (tres o profesor 1 e catro o profesor 2). En canto a proporcionar de pistas, identifícase só no docente 1 para a avaliación de coñecemento. En cambio o profesor 2 leva a cabo a mesma operación mais empregando outra estratexia, a modelización da avaliación.

En resumo, o profesor 2 promove as operacións de avaliación de coñecemento con maior frecuencia de preguntas abertas e pechadas. O profesor 1 en cambio, responde máis as súas propias preguntas e proporciona pistas, mentres que o profesor 2 modeliza as prácticas para o alumnado. A continuación estas diferenzas nas estratexias de andamiaxe ilústranse con exemplos correspondentes á mesma operación promovida por ambos profesores.

Promovendo a comparación: preguntas abertas fronte á proporción de criterios

Neste exemplo, ambos profesores promoven no alumnado a mesma operación a comparación de diferentes produtos (pastas de dentes), mais empregando diferentes estratexias.

47 *Profesor 1: Pois agora por grupo, me podeades chamar que eu vou ir por aí, vades a deseñar un experimento para saber se a pasta equis ou a pasta i é máis ou menos eficaz para protexer os dentes da súa destrución por medio do ácido que tedes alí.*

27 *Profesor 2: A nosa intención é comprobar que?*

28 *Olaia: Cal é a pasta boa*

29 *Sergio: Que pasta de dentes é mellor?*

30 *Olga: Que pasta de dentes é a mala*

Nestes fragmentos, o profesor 1 proporciona información sobre o criterio a empregar na comparación (que pasta é máis ou menos efectiva contra a caries) mentres que o profesor 2 promove a formulación do criterio por parte do alumnado. Así, a estratexia de andamiaxe empregada polo profesor 1 é a proporción de criterios, dentro da categoría explicación, e a estratexia do profesor 2 é a de formulación dunha pregunta aberta, dentro da categoría formulación de preguntas. Así, ao promover esta operación, os estudantes da clase 2 suxiren tres alternativas para avaliar a eficacia. Olaia (28) propón identificar cal é a pasta “boa” Sergio (29) suxire buscar a “mellor”pasta, identificando como obxectivo a comparación entre pastas, e finalmente Olga (30) reformula o obxectivo proponendo averiguar cal é a pasta mala, que coas súas palabras, se corresponde co obxectivo formulado no guión da tarefa (reproducida no anexo 2).

Promovendo a suxerencia de criterios para o control de variables: preguntas abertas fronte á resposta das propias preguntas

Os profesores promoven a suxerencia de criterios para o control de variables durante o deseño da investigación. Neste episodio en particular, o obxectivo é promover o uso dunha mostra control ou branco (cunchas lavadas con auga, sen tratar con ningunha das pastas), xa que ignorar o uso da mostra control é frecuente nos deseños elaborados polo alumnado.

204 Profesor 1: *Alguén utilizaría outro tipo de concha, aparte de equis e i? Unha lavada con auga?*

205 Lucas: *Sí*

316 Profesor 2: *Outra cousa, por exemplo, vós que non vos preguntei: cantos dentes ides usar? Cantos dentes distintos [grupo P]?*

317 Paula: *Dous cachos de concha tratada un por equis e outro por i e despois catro sin tratar*

318 Profesor: *Catro sin tratar. A ver eles [o grupo P] van usar unha concha tratada con pasta equis, outra con pasta i e catro sin tratar. E o obxectivo das catro sin tratar?*

319 Pablo: *Por si algunha falla ter repuesto*

320 Sara: *Pero as cunchas xa veñen tratadas*

321 Profesor: *As cunchas xa veñen tratadas, ti tes repuesto para a sin tratar pero non para as tratadas. Vós [grupo R] que tiñades pensado?*

322 Rosa: *Dúas de cada: dúas equis, dúas i e dúas sin nada*

323 Profesor: *E vós [grupo T] que tiñades pensado. Cantos cachos de cuncha?*

324 Rosa: *Nove: tres tratadas, tres sin tratar e... bueno tres con pasta equis, tres con pasta i e tres sin nada*

325 Profesor: *Ben, e vós [grupo T] igual que elas, ben. Tiñades pensado cantos anacos de cuncha ides usar? [ao grupo O]*

326 Ofelia: *Tres, tiñamos que ter cunchas sin tratar para ver si lle afectaba, para ver si podería ser tamén da calidade dos dentes.*

Nestes fragmentos, o profesor 1 proporciona información, aínda que o fai a través dunha pregunta retórica, sobre o número e natureza das mostras (cunchas) que deberían empregar, incluíndo a mostra control (unha lavada con auga). De feito, non é a primeira vez que este docente menciona este tipo de mostra, xa o menciona no turno 70, reproducido arriba como exemplo da operación proposta de deseño.

Na clase do profesor 2, ilústrase parte dun episodio no que os cinco pequenos grupos poñen en común os deseños elaborados antes de poñelos en práctica. Antes deste episodio o docente formula preguntas sobre o número de mostras que van utilizar (grupo O turno 204) mais sen proporcionar información. Nos turnos 314 e 323 tamén formula unha pregunta aberta, que promove a elaboración de gran variedade de propostas polo alumnado. Despois, Paula suxire utilizar catro cunchas sen tratar mais non explica o motivo. O profesor (318) pregunta polo motivo de usar catro mostras sen tratar, mais a explicación que dan non está relacionada co uso da mostra control, senón por se falla algunha (Pablo

319). Máis adiante, Ofelia (326) explica que pretenden comprobar se os resultados poden ser debido a outros factores diferentes ao fluoruro de sodio, noutras palabras, explica a necesidade de utilizar a mostra control.

Promovendo a avaliación: Modelización e formulación de preguntas abertas front á proporción de pistas e formulación de preguntas pechadas

Ambos docentes promoven que o alumnado decida cal das tres opcións, suxeridas no guión da tarefa, para medir o desprendemento de gas producido na reacción entre as cunchas e o ácido clorhídrico sería a mellor para avaliar a efectividade das pastas de dentes. Ademais do discurso, cabe subliñar que o profesor 2 leva a cabo experimentos para ilustrar dous dos tres métodos suxeridos empregando reactivos diferentes aos da tarefa. Os experimentos son: a) engadir un anaco de zinc ao ácido clorhídrico para ilustrar a efervescencia (turnos 36-44); e b) utilizar auga teñida con permanganato de potasio para ilustrar como medir o desprendemento de gas cunha probeta invertida (turno 52). A terceira opción suxerida no guión (o uso dun globo para recoller o gas) non a ilustra a través dun experimento, mais fai que o alumnado a recorde (turnos 47-50) dun experimento previo.

38 Profesor 2: [...] *Entón aquí [no guión] vos di que hai varias maneiras de medir cómo se desprende o gas. /Entón, por exemplo, eu teño aquí uns tubiños de ensaio vale? Esto [o disolvente que está dentro do tubo de ensaio] é tamén ácido clorhídrico. E esto [o sólido que introduce no ácido] é cinc. Esta é outra reacción, non é a dos dentes, e outra pero que tamén hai un gas. Entón eu teño aquí tres tubos distintos, de modo que nun deles a reacción vai ir máis rápida e noutros máis lenta. Entón vou botarlle un [anaco de cinc] en cada un e agora probamos a ver.*

39 Olga: *Maestro, se o fas así non se ve moito.*

40 Profesor 2: *Probamos a ver se somos capaces de notar por exemplo se un vai máis rápido que outro.*

41 Olga: *Si pero ti [nos dous primeiros tubos] botáchelos antes, nun sitio e no outro.*

42 Profesor 2: *Ah, eso sí claro, no estou facendo un experimento controlado, efectivamente. Pero simplemente é para que me digades se a simple vista é unha posibilidade adecuada para medir se unha reacción vai máis rápido que outra.*

43 Ofelia: *Pero os tubos quencen como quenceron o outro día?*

44 Profesor 2: *Toca aí [Pedro] e dille!*

Esto sería unha forma de observación a simple vista, vale? E se en vez de ter estes tres temos este e este [os dous máis similares] e un que vaia máis lento?

45 Roberto: *Cal é a pregunta?*

46 Profesor: *A pregunta é que nestes tres [tubos de ensaio] é fácil distinguir cal é o máis rápido. Ao mellor se temos outro que vaia máis despacio que este.... bueno esto sería ver a simple vista, vale? Unha das posibilidades que veñen aquí no apartado ce.*

47 Santi: *Eso pódese beber?*

48 Olaia: *É ácido clorhídrico, Santi!*

49 Profesor 2: *Non. Hai outra posibilidade que é recoller o gas, algunha vez recollíchedes gas?*

50 Rosa: *Non*

51 Olga: *Sí, co globo*

52 Profesor 2: *Co globo! Efectivamente, unha posibilidade é coller un globo e recollelo, poñelo encima da reacción, recollelo e así medimos*

53 Olga: *No, pero tiña que ser antes [de que a reacción empezara]*

54 Profesor: *No, pero vale, eso tiña que ser antes, pero é outra posibilidade para recoller o gas. Eso tedes despois que escollelo vós. E a outra posibilidade, que sería a máis precisa, pero que sabedes que tamén é máis complexa, é recoller o gas. Como se pode recoller o gas? Neste caso aínda que non o pareza esto é básicamente auga, eu teñina, metinlle permanganato potásico para que estivera de color e que vexades que está coloreado, se é auga desde atrás [do laboratorio] non vedes. Entón o gas recolleríamolo neste tubiño, vale?*

43 Profesor 1: *Como entendemos eso do globo? Por que un globo nos pode servir para medir a cantidade de gas que se produce?*

44 Lucas: *Porque a medida que vaia que vaia saíndo máis gas o globo vaise a ir inflando*

45 Profesor: *Claro, entón se temos un globo que se infla moito e outro que se infla pouco, podería ser.*

Nestes fragmentos obsérvanse diferenzas entre as estratexias utilizadas por ambos docentes para axudar ao alumnado na selección do método de avaliación da eficacia das pastas. O profesor 1 céntrase só unha das tres opcións, o uso do globo, ignorando as outras dúas. Esta estratexia, repetida en dúas ocasións, codifícase como proporción de pistas.

O profesor 2, en cambio, modeliza como utilizar dúas das tres técnicas (as descoñecidas para os estudantes) e pregunta sobre a viabilidade da avaliación por observación a simple vista. A opción do uso do globo non se modeliza porque xa a coñecían de anos anteriores, por tanto o docente promove que o alumnado a recorde. O episodio na clase do profesor 2 é un exemplo de modelización da operación epistémica avaliación. Nel o docente non lles indica directamente os

criterios que serían relevantes para seleccionar un método ou outro (por exemplo a precisión), mais suxire as cuestións que poderían preguntarse sobre cada método.

Outro exemplo que ilustra as diferenzas entre as estratexias empregadas polos docentes para promover a avaliación está relacionado coa selección de criterios para a avaliación, neste caso da efectividade das pastas.

35 Profesor 1: Aquí estamos e temos sorte para facer o experimento porque resulta que a reacción do ácido co dente, ca concha, se ve. E por que se ve? Porque ao reaccionar libera gas. E que pasa cando se libera gas no medio de agua?

36 Jorge: Saen burbullas

31 Profesor 2: É igual ver cal é a mellor ou cal é a peor, ben. E en qué se nota cando unha pasta é boa e cando non é boa?

32 Paula: Nas caries que haxa

33 Profesor 2: Eso na realidade, pero no noso modelo de laboratorio? Non vamos a producir caries!

34 Ofelia: No tempo que tarda en producir caries

35 Paula: En cantas capas de calcio lle saca, reduce bah.

Nestes fragmentos, o profesor 1 combina a estratexia de resposta ás propias preguntas coa explicación do fenómeno (liberación de gas) que pode utilizarse para avaliar a efectividade e remata a intervención cunha pregunta aberta. No caso do profesor 2, utiliza unha pregunta aberta para promover distintas propostas, mais algunhas das que formulan non están contextualizadas no laboratorio.

Estas diferenzas, mostran que a transferencia de responsabilidade ao alumnado está máis presente nas estratexias do profesor 2 que nas do profesor 1. Como consecuencia, as propostas de deseño do alumnado son diferentes en cada aula, na clase do profesor 1 todos os pequenos grupos elaboran deseños similares mentres que na clase do profesor 2 os grupos propoñen diferentes deseños, incluíndo algúns criterios de avaliación non incluídos como opcións no guión da tarefa.

9.5 Discusión de resultados e conclusións parciais

Este capítulo aborda as estratexias que o profesorado emprega para guiar ao alumnado durante a resolución dunha tarefa de indagación no laboratorio. A análise responde ás preguntas de investigación: “*Que operacións epistémicas*

promove o profesorado na súa práctica docente?” e “Que tipo de apoio relacionado coa transferencia de responsabilidade proporciona o profesorado ao alumnado durante deseño e posta en práctica de investigacións no laboratorio?” que se corresponden co segundo obxectivo de investigación da tese: *“Identificar o tipo de estratexias docentes que promoven a participación do alumnado nas prácticas científicas”*.

O capítulo explora o discurso epistémico no laboratorio, en particular compáranse as estratexias de dous profesores e como promoven a participación do alumnado nas prácticas epistémicas.

A análise lévase a cabo en dous niveis, que se discuten por separado.

No *primeiro nivel*, examínanse as operacións epistémicas: a) levadas a cabo e b) promovidas polo profesorado. Identifícanse pautas comúns no discurso de ambos docentes: en xeral hai máis operacións epistémicas promovidas que levadas a cabo. Este resultado é diferente ao de Christodoulou (2011), que identifica máis operacións levadas a cabo que promovidas nas clases que non son de tipo argumentativo. Pensamos que a natureza e os obxectivos da tarefa, que require a planificación e posta en práctica dunha investigación, pode ser a causa desta diferenza. Os docentes do noso estudo promoven activamente a participación do alumnado na indagación, o que se ve reflectido na gran cantidade de operacións promovidas que se identifican no seu discurso.

Ademais, as operacións que o profesorado promove con máis frecuencia pertencen á categoría de avaliación do coñecemento, coherente co propósito da tarefa, avaliar a efectividade de dúas pastas de dentes.

En canto ás operacións levadas a cabo polos docentes, nos discursos de ambos predominan as de produción de coñecemento, relacionada coa proposta deseño que o alumnado ten que elaborar, analizada no capítulo 7.

Nesta análise de operacións epistémicas tamén se encontran diferenzas entre os discursos dos docentes, en particular no número de interaccións (episodios) que comprende cada práctica, sendo máis elevado no discurso do profesor 2.

No segundo nivel de análise, examínanse as estratexias que o profesorado utiliza para guiar ao alumnado na resolución da tarefa, en particular aquelas

relacionadas coa autonomía dos estudantes. Os resultados mostran diferenzas substanciais na forma en que os docentes transfíren a responsabilidade da resolución da tarefa ao alumnado, aínda que o número de estratexias é similar en ambos docentes. En canto ao tipo de estratexias, a formulación de preguntas é a máis frecuente, mais o discurso do profesor 1 céntrase máis na formulación de preguntas pechadas, explicacións e proporción de pistas mentres que o profesor fai uso de preguntas abertas, en particular cando promove a avaliación de propostas e/ou produtos.

Estas diferenzas nas estratexias empregadas teñen influencia na participación do alumnado nas prácticas científicas. Como suxiren Reigosa e Jiménez-Aleixandre (2007) as estratexias de andamiaxe deben analizarse xunto coa toma de responsabilidade do alumnado, por tanto é relevante examinar as producións do alumnado relacionadas con algunhas estratexias docentes. Por exemplo, os cinco grupos da clase 1 elaboran deseños experimentais idénticos e os informes escritos que redactan co resultados da tarefa conteñen as indicacións que o profesor promove que escriban no seu discurso. En cambio, na clase do profesor 2, os deseños propostos polos pequenos grupos son diferentes, incluíndo algúns como o do grupo P procedementos alternativos que non se consideran nin no guión nin nas intervencións do profesor.

Outro exemplo da influencia das estratexias docentes no alumnado, relacionado coa comprensión do obxectivo da tarefa, é o reproducido arriba (turnos 27-30 na clase do profesor 2 cando se discuten as diferenzas nas estratexias docentes en canto a promover a comparación no alumnado. Cando o profesor pregunta “ A nosa intención é comprobar que?” tres estudantes propoñen ideas que van aumentando en sofisticación, sendo a terceira proposta: “Que pasta de dentes é a mala” a que está máis alineada co obxectivo da tarefa indicado no guión. Coincidimos con Jiménez-Aleixandre e Reigosa (2006) en considerar que reformular o obxectivo da tarefa coas súas propias palabras non é un paso trivial, senón que é crucial nas actividades de indagación. Algo similar ocorre cando os docentes promoven que o alumnado suxira criterios para o control de variables, en particular para o uso dunha mostra control ou branco. Preguntar ao alumnado

sobre o número de mostras e pedir que xustifiquen as respostas permite na clase 2, obter diferentes propostas nos grupos e comprender as razóns que dan sobre o uso da mostra control. Isto é diferente na clase 1, na que o profesor suxire o uso da mostra control (cuncha lavada con auga) o que impide que o alumnado discuta sobre a necesidade de incluíla no deseño ou non. Desta forma é difícil comprender se os estudantes comprenden o propósito de utilizar a mostra control ou non, xa que non teñen a oportunidade de elaborar as súas propias propostas.

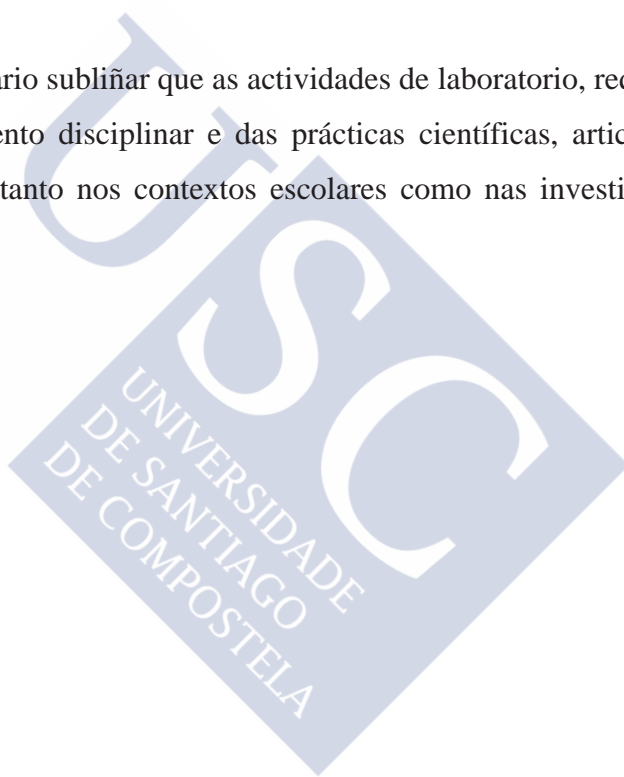
Estas diferenzas suxiren que as estratexias empregadas polo profesor 2, baseadas en preguntas abertas para promover a avaliación, comparación e a proporción de criterios para o control de variables proporcionan ao alumnado máis oportunidades de participar nas prácticas científicas.

Tendo en conta a perspectiva que considera o laboratorio escolar como un contexto idóneo para a indagación (e.g. Högstrom, Ötander & Benckert, 2010; Luneta, Hofstein & Clough, 2008) este estudo pretende contribuír á identificación dun repertorio de estratexias docentes adecuadas para guiar ao alumnado na resolución de tarefas de este tipo.

As diferenzas nas estratexias empregadas por ambos docentes poden estar relacionadas coa formación académica de ambos (o profesor 1 ten formación en bioloxía e o profesor 2 en química). Estes resultados coinciden cos de Carlsen (1997), que sinala que as preguntas e argumentos formulados polos docentes son máis sofisticados cando o tema a ensinar está relacionado coa formación académica recibida. Aínda que neste caso non se observan diferenzas relacionadas coa xestión da aula, o profesor 2, que ten formación en química e unha longa experiencia como docente da materia, fai uso dunha maior variedade de recursos que o profesor 1. Unha interpretación alternativa a este resultado é a de Breslyn e McGinnis (2012), que consideran que cada disciplina promove o uso de prácticas particulares, e indican que a formación académica é a causa principal das diferenzas encontradas na posta en práctica da indagación por parte do profesorado. Mais para coincidir con estes autores necesitaríamos analizar unha mostra máis ampla de docentes con diferente formación e experiencia. Por tanto interpretamos que o profesor 2 está máis familiarizado con este tipo de tarefas

mentres que o profesor 1 traballa nun contexto menos familiar. Cabe sinalar que no estudo de Puig e Jiménez-Aleixandre (2011) sobre o contrato didáctico nunha clase de bioloxía, encontran un discurso diferente na posta en práctica dunha unidade didáctica sobre xenética por este mesmo profesor 1, na que utiliza un enfoque dialóxico e o alumnado participa de forma activa. Este resultado apoia a nosa interpretación sobre a relevancia da formación académica na práctica docente. Cómpre subliñar que ambos docentes son excelentes profesionais e que o propósito da comparación non é criticar a un ou a outro, senón identificar as estratexias máis efectivas.

En resumo, é necesario subliñar que as actividades de laboratorio, requiren a articulación do coñecemento disciplinar e das prácticas científicas, articulación ignorada ou minimizada tanto nos contextos escolares como nas investigacións educativas.



III CONCLUSIÓNS E IMPLICACIÓNS EDUCATIVAS





CHAPTER 10

CONCLUSIONS AND EDUCATIONAL IMPLICATIONS

10.1 Introduction

This thesis aims to analyse secondary students' performances when planning and carrying out investigations in the chemistry laboratory. This goal is explored through two research objectives and their research questions:

Objective 1. *To examine students' development of scientific competency through their engagement in the scientific practices of planning and carrying out investigations and analysing and interpreting data along the longitudinal laboratory inquiry study.*

Question 1. What type of epistemic operations do students perform when engaging in the practices of planning and carrying out investigations and analysing and interpreting data? Conclusions 1, 2 and 3 refer to this question, which is addressed in chapter 6.

Question 2. How do students perform the two operations of knowledge production "proposing design" and "carrying out design"? Conclusions 4 and 5 refer to this question, which is addressed in chapter 7.

Question 3. Which patterns of evolution appear in students' designs along the study? Conclusion 6 refers to this question, which is also addressed in chapter 7.

Question 4. How do students interpret anomalous results, regulate the anomalies and draw conclusions? Conclusions 7, 8, 9 and 10 refer to this question, which is addressed in chapter 8.

Objective 2. *To identify a repertoire of teaching strategies that promote students' engagement in scientific practices.*

Question 5. Which epistemic operations do teachers promote in their teaching practice? Conclusion 11 refer to this question, which is addressed in chapter 9.

Question 6. What kind of support related to the transfer of responsibility do teachers prompt during the design and implementation of investigations in the laboratory? Conclusion 12 refer to this question which is addressed in chapter 9 as well.

The first research objective addresses students' performances in planning and carrying out investigations and interpreting the results obtained in the investigations. The second objective examines teachers' discourse in terms of the strategies employed to engage students in inquiry.

In the first section of this chapter the conclusions drawn from each research question are summarized. In the second section the educational implications for learning and teaching through inquiry are discussed. And finally, potential future lines of research related to the results of this thesis are presented.

10.2 Conclusions

We propose that the results discussed in this thesis allow us to reach the following conclusions:

1. Epistemic operations performed by students depend on the context and nature of the tasks.

The context

In this study, knowledge evaluation is the most frequent category in all groups and in groups P/P' and T/T' this category is accompanied by knowledge production. This finding is different from Christoudoulou's (2011) which identified knowledge evaluation practices as the less frequent ones. The difference in both studies relies on the context, while Christoudoulou analysed epistemic operations in argumentative contexts we examine them in inquiry contexts.

Nature of the tasks

The nature of the tasks influences epistemic operations performed by students. In task 1, which focuses in specific performances related to inquiry such as fair testing, proposing procedures and materials, the most frequent operations are related to knowledge production in all groups. However, in tasks 2 and 3 that focus on content knowledge application such as knowledge about the nature of substances in order to select the criteria for their identification, the most frequent category is knowledge evaluation.

2. There are differences in the frequency of appearance for specific and general operations.

Epistemic operations regarding knowledge production, evaluation and communication have been distributed into two broad categories: a) *general*, characteristic of all contexts (inquiry, modelling and argumentation); and b) *specific*, characteristic of inquiry contexts. The most frequent category for general operations is knowledge evaluation in all groups except for group P/P', in which evaluation and communication appear in similar frequencies. Regarding specific operations knowledge production is the most frequent in all groups.

3. The frequency of each epistemic operation decreases with the experience

There have been identified less episodes at the end of the study than at the beginning. We consider that this could be due to the progressive familiarization with the process of solving the tasks. Although each one is different in terms of content knowledge, the structure is similar in all tasks. So, at the end of the study students are familiar with planning designs, using criteria or interpreting results therefore they spend less time (episodes) in discussing these processes.

4. There are differences in students' performances regarding the epistemic operations "proposing design" and "implementing design".

There are performances such as *proposing procedure* that only appear during the design phase. For instance, group O/O' carried out different procedures than those proposed in the design phase (without explicitly proposing them). Other performances such as *measuring* are not considered in the design phase but in the implementation one. This pattern has been identified in the three groups in

tasks 2, 3 and 4, in which the magnitudes to measure are all qualitative: a) conductivity, to be measured using an electric circuit connected to graphite electrodes; and b) pH, using litmus paper.

5. There are differences in the processes involved in the operation “proposing design”.

The designs planned by all groups are different in terms of order and performances. Group O/O’ performs more different performances in all tasks, for instance this group is the only one who considers the need of fair testing in their proposal (in tasks 1, 3 and 5) without the help of the teacher. We consider that this is a relevant result because other studies such as Hofstein, Shore and Kipnis’ (2004) point out that only students with experience in inquiry take it into account.

This group O/O’ also performs a wider range of different proposals, for instance procedures. It needs to be noted that this performance (procedure) is the only one identified in all tasks and groups (except for group P/P’ in task 1). This could be due to the consideration of procedure as a key element in the investigation and essential for the implementation phase, as Girault, d’Ham, Ney, Sanchez and Wajeman (2012) pointed out.

6. A limited progress in students’ planning has been identified along the study.

A limited progress in students’ designs has been recognised at the end of the study but the patterns are different in all groups. The evolution observed in the designs is in terms of its adequacy for solving the task and the help received from the teacher to plan the design. In group O/O’ the progress appears in tasks 4 and 5, in which both designs enable students’ to solve the task. In task 4 they receive help from the teacher but not in task 5. In group P/P’ the evolution appears only in task 5, in which their proposal of design, planned without teacher help, enables them to solve the task. And in group T/T’ the progress appears gradually in tasks 4 and 5. In task 4 they receive help from the teacher to plan the design but it does not enable them to solve fully the task, but partially. However, in task 5 this group plan a valid design without teacher help.

It needs to be noted that students’ designs, although enabling in some cases

to solve the task, are lacking precision and detail. This finding agrees with Zimmerman (2000) who points out that students plan ill-defined and piecemeal designs. We consider, as Krajcik et al (1998) that this is due to the lack of familiarity with this practice, and also to the difficulties that students experience when solving inquiry tasks.

7. Students' difficulties in recognising anomalous results depend on the nature of the data (qualitative and quantitative).

Students experience more difficulties in recognising qualitative anomalous results than quantitative ones. They do not recognise the results as anomalous in the tasks that involve using qualitative data derived from observations or from using criteria for identification, except group T/T' which does not recognise quantitative ones. Furthermore the findings of this study suggest that quantitative anomalous results are due to multiple causes (technical and manipulative problems or lack of precision) while each qualitative anomalous result is due to one cause (inappropriate use of criteria, technical problems or manipulative problems).

8. Anomalous results in the second year of the study do not affect to the conclusions of the tasks.

The effect of anomalous results on the conclusions, those obtained in the second year of the study (tasks 3, 4 and 5) do not influence the process of solving the task, except for group P/P' in task 3. Students solve the tasks correctly, maybe because anomalous results do not affect to the conclusions or because they take actions to remediate them.

9. Students' regulation of anomalous results progress along the study

Students' evolution in interpreting anomalous results is analysed in terms of more or less regulation. The findings point to a pattern of progress in students' responses across the two years in two of the three small groups studied: responses revealing a low capacity of monitoring their inquiry performances as not recognising the data as anomalous, or recognising it as anomalous, but being unable to explain their causes occur in tasks T1, T2 and T3, while responses revealing an improved capacity of regulating their inquiry performances as

proposing a new experimental design that would avoid the causes producing anomalies, occur in tasks T4 and T5. There is however a third small group, P/P' who shows "anomalous results", with higher regulation in T1 than in tasks T2, T3, and T4. This low regulation is coincident with other studies (e.g. Lubben & Millar, 1996), which found that most 16-year-old students were not able to recognize anomalous data. Moreover, as we propose in conclusion 6, the type of data has also an influence, since it might be easier for students to recognise anomalous quantitative data than qualitative ones.

10. At the end of the study students are able to apply their knowledge on scientific inquiry to different contexts.

The findings from the individual final task (PISA items) lead us to conclude that students are able to apply their knowledge on scientific inquiry (such as identifying the goal of the task, planning a design, fair testing and interpreting results) to different contexts. In this task students do not participate in the experimental processes of planning and implementing the design in the laboratory but they have to interpret some processes characteristic of inquiry contexts. Students performances in this task show higher results than those attained by Spanish students in PISA 2006, which could be an indicator of the effect of the inquiry-based tasks sequence.

11. There are common patterns in both teachers discourses but differences in the type and number of operations prompted and performed.

In general there are more prompted epistemic operations than performed in both teachers' discourses. In addition the most frequent prompted operations belong to knowledge evaluation, which is coherent with the purpose of the task, to assess the effectiveness of two toothpastes. Regarding performed operations, in both teachers' discourses prevails knowledge production, related to the implementation of the design required to students.

Despite these similarities, there are differences in the number of interactions for each operations (episodes) being higher in teacher's 2 discourse.

12. There are differences in the teaching strategies aimed at transferring the responsibility of solving the task that influence students' engagement in scientific practices.

The results show substantial differences in how teachers transfer responsibility to students even though the number of scaffolding strategies is similar for the two teachers. *Questioning* is the most frequent strategy in both teachers' discourse but teacher 1's discourse moves through open questions to a greater extent, in particular when prompting for knowledge evaluation, while teacher 2 makes more use of closed questions and also of explanations and hints.

These differences in strategies have an influence in students' engagement in epistemic practices. For instance the five groups of students in class 1 plan identical research designs and write similar reports containing the tips teacher 1 has prompted them to write. In contrast, students in class 2 include differences in their designs, providing in some cases alternative procedures that either teacher 2 or the handout have not considered. These differences suggest that teacher 2's strategies, based on open questions to prompt for evaluation, comparison and for providing criteria for fair testing would provide students with more opportunities to engage in epistemic and investigative practices.

10.3 Discussion and educational implications

The educational implications that are drawn from the conclusions are:

From conclusions 1, 2, 3, 4, 5 and 6 addressed in chapter 6 (research question RQ1: *What type of epistemic operations do students perform when engaging in the practices of planning and carrying out investigations and analysing and interpreting data?*) and 7 (RQ2: *How do students perform the two operations of knowledge production “proposing design” and “carrying out design”?* and RQ3: *Which patterns of evolution appear in these performances along the study?*) an educational implication is the need of including planning the investigation previous to the implementation in inquiry tasks. This enables students to carry out a high number of epistemic operations, in particular those related to knowledge production. This approach contributes to change the usual role of students in

secondary classrooms from knowledge consumer to knowledge producer (Engle & Conant, 2002; Jiménez & Pereiro, 2002). Furthermore, we consider that including the need of applying content knowledge in the planning phase enables students to perform a high number of knowledge evaluation operations.

We suggest that the inquiry approach in which students engage in scientific practices such as planning and carrying out investigations in the laboratory and in the classroom could contribute to the development of appropriate conceptions about how scientific knowledge is produced.

In light of the results, we agree with Puntambekar and Kolodner (2005) in considering that students need more scaffolding from the teacher during the planning phase. We suggest that support from the teacher previous to the design phase is needed in order to improve the quality of students' designs. Even though we believe that students' engagement in scientific practices is developed through practice, they need previous instruction on which aspects should include an experimental design, and reflection about it, otherwise they will not be able to include all aspects required in the planification, for instance fair testing and replicability.

From conclusions 7, 8, 9 and 10 addressed in chapter 8 (RQ4: *How do students interpret anomalous results and draw conclusions?* an educational implication is the need of devoting two sessions for each task, one for planning the design and another for implementing the design and interpreting results. Although the small sample of students does not allow us to establish any generalization, we suggest that the progress of the two small groups O/O' and T/T' could be related to the design of the tasks and the need of spending one complete session for planification. This need is addressed in the literature, Manlove et al, (2007) point out that students spend little time or none in planning. Etkina et al. (2010) indicate that requiring students to plan a design improves their experimental results. What our study adds to this literature is an examination of these processes with secondary school students, not undergraduates.

We consider that students' engagement in planning and carrying out investigations and in analysing and interpreting data enables to contribute to the

development of scientific competency. However, this is not immediately achieved but over time. Therefore we suggest including tasks in the classrooms that require progressive students' engagement in these practices on a regular basis.

From conclusions 11 and 12, addressed in chapter 9 (RQ5: *Which epistemic operations do teachers promote in their teaching practice?* and RQ6: *What kind of support related to the transfer of responsibility do teachers prompt during the design and implementation of investigations in the laboratory?*) an educational implication is the need of using teaching strategies that prompt students' engagement in epistemic operations.

Due to the difficulties involved in inquiry processes both from students and teachers, another implication is the need of identifying a repertoire of strategies aimed at transferring responsibility from teachers to students in order to help teachers to implement inquiry in the classroom. Although this thesis provides an insight of the type of strategies that promote students' engagement in inquiry by comparing the discourse of two teachers, more research is needed.

10.4 Limitations and future lines of research

The limitations of the thesis are related to the qualitative methodology used in the study, in particular to the design of the longitudinal study.

The more significant limitation is the loss of students from the first to the second year of the study. This is an uncontrollable factor in educational research, when working in real classroom conditions it is normal this decrease in the number of students from 9th to 10th grade in the subject of Physics and Chemistry which is not compulsory in the second year.

The length of the study is another important constraint when examining students' evolution. Normally, longitudinal studies are carried out from three to five consecutive years, but in our case it was not possible due to the characteristics of the school in which we collected the data. This school was selected because there is only one class in each grade, which makes possible a longitudinal study, but the last grade here is the 10th, after that students have to move to other schools to continue with 11 and 12th grades. In addition they only

study chemistry in the two grades analysed in this thesis, in previous grades they study natural sciences, moreover they are taught by a different teacher. And because of the nature of the longitudinal study, the conditions of the study should not be modified when possible.

The different content knowledge of the tasks constitutes a constraint when analysing data, since some contents could be easier for students than others. Despite all presenting a similar structure, each task requires the application of different content knowledge such as chemical reactions, chemical bonding, conductivity, solubility or polarity). The justification for this diversity relies on the nature of the study. As we pretended to analyse students' performances in their natural environment, we had to adapt our interests to the content knowledge to be taught in each grade and to the time allocated to laboratory sessions.

Finally, it needs to be noted that case and longitudinal studies are not generalizable in nature, therefore the aim here is to produce knowledge about the learning processes, which requires a detailed analysis.

We propose two lines of research related to the new questions suggested by the results. The first research line relates to students' performances when engaging in scientific practices. Once we have identified the operations they carry out during the planning and implementing phases, more research is needed to understand how students progress in the performance of each operation. We have identified that with this type of tasks students progress in designing adequate plans to solve the tasks, but there is still a gap to fulfill: to understand how students progress in all performances involved in the planning process. To examine this question, each performance should be analysed separately by designing different tasks progressing in complexity.

The second line of research is related to the scaffolding needed by students to solve this type of tasks. Once we have identified a repertoire of strategies that enable students' engagement in scientific practices, more research is needed to understand how each specific strategy influences students' performances in inquiry. In addition, teaching strategies aimed at transferring responsibility should be examined along the time to establish how they can be effectively withdrawn.

We hope that the results of this thesis contribute for a better understanding of students' engagement in scientific practices and the teaching strategies that allow this engagement.





IV REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-el-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1990). *This Year in School Science 1990: Assessment in the Service of Instruction*. Washington DC: American Association for the Advancement of Science.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1995) Project 2061: Science literacy for a changing future: A decade of reform. American Association for the Advancement of Science.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming Science Teaching: What research says about Inquiry? *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Anderson, R. D. (2007). Inquiry as an Organizer Theme for Science Curricula. En S. K. Abell & N.G. Lederman (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*, New York: Routledge, pp. 807-830.
- Artigue, M., Dillon, J., Harlen, W., & Léna, P. (2012). Learning through Inquiry: Background Resources for implementing Inquiry in Science and Mathematics at School. Francia: Proxecto Fibonacci. Recuperado o 3 de xuño de 2013 de <http://www.fibonacci-project.eu>
- Austin, R., Holding, B., Bell, J., & Daniels, S. (1991). *Assessment Matters No. 7: Patterns and relationships in school science*. London: School Examinations and Assessment Council.
- Bachelard, G. (1938). *La Formation de l'Esprit Scientifique*. Paris, Vrin.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Barron, B. J. S., Schwartz, D. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., & Bransford, D. J. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem and project-based learning. *The Journal of the Learning*

- Sciences*, 7, 271–311.
- Bell, P., Bricker, L., Tzou, C., Lee, T., & Van Horne, K. (2012). Exploring the Science Framework: Engaging learners in scientific practices related to obtaining, evaluating and communicating information. *Science Teacher*, 79(8), 31-36.
- Blanco, A., España, E., & Rodríguez, F. (2012). Contexto y enseñanza de la competencia científica. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 9-18.
- Blanco Anaya, P., & Díaz de Bustamante, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 35-52.
- Blonder, R., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2008). Analyzing Inquiry questions of high-school students in a gas chromatography open-ended laboratory experiment. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 250-258.
- Boekaerts, M., & Cascallar, E. (2006). How Far Have We Moved Toward the Integration of Theory and Practice in Self-Regulation? *Educational Psychologist Review*, 18, 199-210.
- Bowles, R. D., Saroka, J. M., Archer, S. D., & Bonassar, L. J. (2012). Novel Model-Based Inquiry of Ionic Bonding in Alginate Hydrogels Used in Tissue Engineering for High School Students. *Journal of Chemical Education*, 89, 1308-1311.
- Boyd, R., Gasper, P., & Trout, J. D.(Eds.). (199e). *The philosophy of Science. Massachusetts: MIT*
- Bravo, B. (2012). El desempeño de las competencias científicas de uso de pruebas y modelización en un problema de gestión de recursos marinos. Tese de doutoramento. Universidade de Santiago de Compostela, España.
- Breslyn, W., & McGinnis, J. R. (2012). A comparison of exemplary biology, chemistry, earth science and physics teachers' conceptions and enactment of inquiry. *Science Education*, 96 (1), 48-77.

- Bruner, J. (1986). *Actual Minds, Possible Worlds*. Massachussets: Harvard University Press.
- Bruner, J. (2000). *El habla del niño: aprendiendo a usar el lenguaje*. Barcelona: Paidós D. L.
- Bugarcic, A., Zimbardi, K., Macaranas, J., & Thorn, P. (2012). An Inquiry-based Practical for a Large, Foundation-Level Undergraduate Laboratory that Enhances Student Understanding of Basic Cellular Concepts and Scientific Experimental Design. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 40(3), 174-180.
- Bybee, R. (2000). Teaching science as inquiry. En J. Minstrell e E. H. Van Zee (Eds.). *Inquiring into inquiry learning and teaching in Science*. Washington: American Association for the Advancement of Science, pp.20-46.
- Bybee, R. (2011). Scientific and Engineering Practices in K-12 Classrooms. Understanding A Framework for K-12 Science Education. *Science Teacher*, 78, 34-40.
- Bybee, R., & Fuchs, B. (2006). Preparing the 21st Century Workforce: A New Reform in Science and Technology Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(3), 349-352.
- Caamaño, A. (2012). La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos. En E. Pedrinaci (coord.). 11 ideas clave, el desarrollo de la competencia científica. Barcelona: Graó. Pp. 127-146.
- Cañas, A., Martín Díaz, M. J., & Nieda, J. (2007). Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico. Madrid: Alianza Editorial.
- Capps, D. K., Crawford, B.A., e Constan, M. A. (2012). A review of empirical literature on inquiry professional development: alignment with best practices and a critique of the findings. *Journal of Science Teacher Education*, 23, 291-318.
- Carlsen, W. S. (1997). Never ask a question if you don't know the answer: The tension in teaching between modeling scientific argument and maintaining law and order. *Journal of Classroom Interaction*, 32: 14-23.

- Chalmers, A. F. (1984). *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?: Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos*. Madrid: Siglo XXI.
- Chan, C., Burtis, J. & Bereiter, C. (1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15(1), 1–40.
- Chang, H-P., Chen, C-C , Guo, G-J., Chen, Y-J., Lin, C-Y., & Jen, T-H. (2011). The development of a competence scale for learning science: inquiry and communication. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 1213-1233.
- Cheung, D. (2005). Investigating toothpastes through Inquiry-based practical work. *Science Activities: Classroom projects and curriculum ideas*, 42 (3), 31-38.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge asquisition: a theroretical framework and implications for science instruction, *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 623–654.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (2001). Models of data: A theory of how people evaluate data. *Cognition and Instruction*, 19, 323-393.
- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86 (2), 175-218.
- Chinn, C. A., Buckland, L. A., & Samarapungavan, A. (2011). Expanding the Dimensions of Epistemic Cognition: Arguments From Philosophy and Psychology. *Educational Psychologist*, 46(3), 141-167.
- Christodoulou, A. (2011). The science classroom as a site of epistemic talk: Two case studies of science teachers and their students. Unpublished doctoral thesis. King's College London.
- Crawford, B., (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613-642.

- Creswell, J. W. (2005). *Educational Research. Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (segunda edición). New Jersey: Pearson.
- Crujeiras, B. (2011). Contextualización dunha actividade aberta no laboratorio: por que escurecen as mazás cortadas? Trabajo fin de Máster. Universidade de Santiago de Compostela, España.
- Crujeiras, B., & Jiménez Aleixandre (2012a). Participar en las prácticas científicas: aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pastas de dientes. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 72, 12-19.
- Crujeiras, B., & Jiménez Aleixandre (2012b). Competencia como aplicación de conocimientos científicos en el laboratorio: ¿cómo evitar que se oscurezcan las manzanas? *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 19-26.
- Crujeiras, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2013a). Challenges in the implementation of a competency-based curriculum in Spain. *Thinking Skills and Creativity*, 10, 208-220.
- Crujeiras, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2013b). Students' engagement in laboratory inquiry: a longitudinal study on epistemic and investigative practices. Comunicación no simposio Enacting and assessing epistemic practices in science classrooms presentado en ESERA, Nicosia (Chipre), 2-7 de setembro.
- Crujeiras, B., Gallástegui, J.R., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2013). Indagación en el laboratorio de química. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 74, 49-56.
- Cuevas, P., Oklee, L., Hart, J., & Deaktor, R. (2005). Improving Science Inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 337-357.
- DeBoer, G. E. (2004). Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. En L.B. Flick e N. G. Lederman (Eds.). *Scientific Inquiry and nature of science: implications for teaching, learning and teacher education* (pp. 17-35). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Denzin, N. K. (1978). *The research act: a theoretical introduction to sociological method*. New York: McGraw-Hill, segunda edición.
- Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S. (2000). The discipline and practice of qualitative research. En Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S. (Eds.). *Handbook of Qualitative Research* (pp.1-28). Segunda Edición. California: Sage Publications.
- Dewey, J. (1918). *Las escuelas de mañana*. Madrid: Librería de los Sucesos de Hernando.
- Dewey, J. (1938). Logic: the Theory of Inquiry, 1938. *The later works, 1925-1953*. Carbondale: Southern Illinois University Press.
- Dewey, J. (1997). *Democracia y educación: una introducción a la filosofía de la educación*. Madrid: Morata, D. L.
- Dewey, J. (2004). *Experiencia y educación*. Madrid: Biblioteca Nueva, D. L.
- DiBenedetto, M. K., & Bembenutty, H. (2011). Within the Pipeline: Self-regulated Learning and Academic Achievement among College Students in Science Courses. Paper presentado en AERA (American Educational Research Association). New Orleans, do 8 ao 12 de abril.
- Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76 (4), 543-547.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23 (7), 5-12.
- Dunbar, K. (2000). How Scientists Think in the Real World: Implications for Science Education. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 49-58.
- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring Science Education: The importance of theories and their development*. New York: Teachers College Press.
- Duschl, R. A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268-291.
- Duschl, R. A & Hamilton, R. J. (1998). Conceptual change in science and in the learning of science. En B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.) *International*

- Handbook of Science Education*, (pp.1047-1065). Dordrecht: Kluwer University Press.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (Eds.) (2008). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Duschl, R. A. & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Epistemic foundations for conceptual change. In S. M. Carver & J. Shrager (Eds.) *The journey from child to scientist: Integrating cognitive development and the education sciences* (pp. 245– 262). Washington, DC: American Psychological Association.
- Duschl, R. A. & Grandy, R. (2013). Two views about explicitly teaching Nature of Science, *Science & Education*, 22, 2109-2139.
- Enfield, M., Smith, E.L., & Grueber, D.J. (2008). "A sketch is like a sentence": Curriculum structures that support teaching epistemic practices of science. *Science Education*, 92, 608–630.
- Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399-483.
- Etkina, E., Murphy, S., & Zou, X. (2006) Using introductory labs to engage students in experimental design. *American Journal of Physics*, 74(11), 979-986.
- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., Rosengrant, D., Jordan, R. & Hmelo-Silver, C. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning in introductory physics laboratories. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98.
- European Commision/EACEA/Eurydice (2002). Key Competencies: A developing concept in general compulsory education. Bélgica: Autor.
- European Commission/EACEA/Eurydice (2012). Developing Key Competences

- at School in Europe: Challenges and Opportunities for Policy – 2011/12. Eurydice Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Union (2006). Recommendation of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning. Official Journal of the European Union, 30-12-2006, L 394/10-L 394/18.
- Fensham, P. (2009). Real world contexts in PISA Science: implications for context-based Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 884-896.
- Fleer, M. (1992). Identifying teacher–child interaction which scaffolds scientific thinking in young children. *Science Education*, 76, 373–397.
- Ford, M. (2008). Disciplinary Authority and Accountability in Scientific Practice and Learning. *Science Education*, 92, 404-423.
- Ford, M. J., & Wargo, B. M. (2012). Dialogic Framing of Scientific Content for Conceptual and Epistemic Understanding. *Science Education*, 96, 369-391.
- Gee, J. P. (2005). An introduction to discourse analysis: Theory and method. London: Routledge.
- Gee, J. P. & Handford, M. (2012). The Routledge Handbook of discourse analysis. Oxon: Routledge.
- Gerring, J. (2007). Case study research: principles and practices. New York: Cambridge University Press
- Gil, D. (1993). Contribución de la Historia y Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de Enseñanza/Aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11:197-212.
- Girault, I., D’Ham, C., Ney, M., Sánchez, E., & Wajeman, C. (2012). Characterizing the experimental procedure in science laboratories: a preliminary step towards students experimental design. *International Journal of Science Education*, 34(6), 825-854.
- Gott, R., & Dugan, S. (1995). *Investigative work in the Science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- Grandy, R. E., & Duschl, R. A. (2008). Consensus: Expanding the scientific method and school science. En R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.).

- Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Grau, R. (1994). ¿Qué es lo que hace difícil una investigación? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 27-35.
- Grey, P. (2012). Inquiry-based Science Education in Europe: Setting the Horizon 2020 Agenda for Educational Research?. Comunicación presentada no congreso ECER. Cádiz, 17-21 de setembro.
- Hmelo-Silver, C., Nagarajan, A. & Day, R. S. (2002). "It's harder than we thought it would be": A comparative case study of expert-novice experimentation strategies. *Science Education*, 86, 219-243.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42, 99-107.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71 (256), 33-40.
- Hodson, D. (1998). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic in and beyond the school laboratory. En J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science-which way now?* 93-108. Padstow: Routledge.
- Hofer, B. K. (2001). Personal epistemological research: Implications for learning and teaching. *Journal of Educational Psychology Review*, 13, 353-383.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in Chemistry Education: thirty years of experience with developments, implementation and research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 247-264.
- Hofstein, A., Shore, R., & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: a case study. *International Journal of Science Education*, 26(1), 47-62.
- Högström, P., Ottander, C. & Benckert, S. (2010). Lab work and learning in secondary school chemistry: the importance of teacher and student interaction. *Research in Science Education*, 40, 505-523.
- Holbrook, J., & Kolodner, J. L. (2000). Scaffolding the development of an

- inquiry-based (science) classroom. In B. J. Fishman & S. F. O'Connor-Divelbiss (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Conference of the Learning Sciences* (pp. 221–27). Ann Arbor: University of Michigan.
- Ibáñez, V. E. & Gómez Alemany, I. (2005). La interacción y la regulación de los procesos de enseñanza-aprendizaje en la clase de ciencias: análisis de una experiencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 97-110.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (1996). *Dubidar para aprender*. Vigo: Xerais.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2003). Escolas fronte á marea negra: a teoría crítica posta en práctica. *Dez.eme. Revista de Historia e Ciencias Sociais*, 7, 31-37
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Determinism and Undetermination in Genetics: Implications for Students' Engagement in Argumentation and Epistemic Practices. *Science & Education*, DOI 10.1007/s11191-012-9561-6.
- Jiménez-Aleixandre, M.P., & Pereiro Muñoz, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision makings about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24, 1171-1190.
- Jiménez Aleixandre, M. P., & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370.
- Jiménez Aleixandre, M. P. & Reigosa, C. (2006). Contextualizing practices across epistemic levels in the chemistry laboratory. *Science Education*, 90 (4), 707-733.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Mortimer, E. F., Silva, A. C. T., & Díaz, J. (2008). Epistemic Practices: an Analytical Framework for Science Classrooms. Paper presentado no Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA), New York, 24-28 de marzo.

- Jiménez Aleixandre, M. P., Bravo, B., & Puig, B. (2009). ¿Cómo aprende el alumnado a usar y evaluar pruebas? *Aula de Innovación Educativa*, 186, 10-12.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Puig, B., Bravo, B., & Crujeiras, B. (2014). The role of Discursive Contexts in Argumentation. Comunicación presentada na conferencia anual da National Association for Research in Science Teaching (NARST). Pittsburg, 2-4 de abril.
- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748-769.
- Kelly, G. J. (2008a). Inquiry, activity and epistemic practice. In R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.). *Teaching Scientific Inquiry*. Rotterdam: Sense Publishers, pp.99-117.
- Kelly, G. J. (2008b). Discourse in Science classrooms. En S. K. Abell & N.G. Lederman (Eds.) *Handbook of Research on Science Education*, New York: Routledge, pp. 443-469.
- Kelly, G. J. (2014). Inquiry teaching and learning: philosophical considerations. In M. Matthews (Ed.). *Handbook of Historical and Philosophical Research in Science and Mathematics Education*. New York: Springer, pp. 1363-1380.
- Kelly, G. J., Carlsen, W. S., & Cunningham, C. M. (1993). Science education in sociocultural context: Perspectives from the sociology of science. *Science Education*, 77, 207-220.
- Kelly, G.J., Chen, C., & Crawford, T. (1998). Methodological considerations for studying science-in-the-making in educational settings. *Research in Science Education*, 28, 23-49.
- Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic Levels in Argument: An Analysis of University Oceanography Students' Use of Evidence in Writing. *Science Education*, 86, 314-324.
- Kelly, G. J. & Bazerman, C. (2003). How students argue scientific claims: A rhetorical-semantic analysis. *Applied Linguistics*, 24(1), 28-55.

- Kelly, G. J., McDonald, S., & Wickman, P-O. (2012). Science Learning and Epistemology. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.). *Second International Handbook of Science Education*. Volume 1, pp. 281-291.
- Knorr-Cetina, K. (1999). *Epistemic cultures. How the Sciences make knowledge*. Massachusetts: Harvard University Press.
- Koslowski, B., Marasia, J., Chelenza, M., & Dublin, R. (2008). Information becomes evidence when an explanation can incorporate it into a causal framework. *Cognitive Development*, 23(4), 472-487.C
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., & Fredricks, J. (1998). Inquiry in project- based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3/4), 313–350.
- Krajcik, J., Blumenfeld, B., Marx, R., & Soloway, E. (2000). Instructional, curricular, and technological supports for Inquiry in Science classrooms. In J. Minstrell & E. Van Zee(Eds.), *Inquiring into inquiry: Science learning and teaching* (pp. 283-315). Washington DC: American Association for the Advancement of Science Press.
- Krystyniak, R., & Heikkinen, H. W. (2007). Analysis of verbal interactions during and extended, open-inquiry general chemistry laboratory investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1160-1186.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life: the construction of scientific facts*. New Yersey: University Press
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Leach, J., & Scott, P. (2003). Individual and Sociocultural Views of Learning in Science Education. *Science & Education*, 12, 91-113.
- Lee, H.-S., & Songer, N. B. (2003). Making authentic science accessible to students. *International Journal of Science Education*, 25, 923 – 948.
- Lee, O., Buxton, C., Lewis, S. & LeRoy, K. (2006). Science Inquiry and Student Diversity: Enhanced Abilities and Continuing Difficulties After an

- Instructional Intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(7), 607-636.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: language, learning and values*. New Jersey: Ablex.
- Lin, X. D. (2001). Designing metacognitive activities. *Educational Technology Research & Development*, 49(2), 23 – 40.
- Lin, J-Y. (2007). Responses to anomalous data obtained from repeatable experiments in the laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(3), 506-528
- Longino, H. E. (2002). *The fate of knowledge*. New Jersey: Princetown University Press.
- Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955–968.
- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. P. (2008). Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research theory and practice. In S. K. Abell and N. G. Lederman (Eds.). *Handbook of research on Science Education*, pp. 394-441.
- Manlove, S., Lazonder, A. W. & de Jong, T. (2007). Software scaffolds to promote regulation during scientific inquiry learning. *Metacognition Learning*, 2, 141–155.
- Masnick, A. M. & Morrison, B. J. (2002). Reasoning from data: The effect of sample size and variability on children's and adults' conclusions. En W. D. Gray & C. D. Schunn (Eds.). *Proceedings of the 24th annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 643-648). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Menard, S. (2008). *Handbook of longitudinal research. Design, measurement and analysis*. Boston: Elsevier
- Mercer, N. & Fisher, E. (1992). How do teachers help children to learn? An analysis of teachers' interventions in computer-based activities. *Learning and Instruction*, 2 (4), 339-355.

- Merriam, S. B. (1988). *Case study research in education. A qualitative approach*. San Francisco: Jossey-Bass publishers.
- Millar, R., & Osborne, J. F. (Eds.). (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: King's College London.
- Millar, R. & Wynne, B. (1988). Public understanding of science: from contents to processes. *International Journal of Science Education*, 10(4), 388-398.
- Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) (1991). Real Decreto 1007/1991, de 14 de Junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 26 de xuño de 1991.
- Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) (2006). Ley Orgánica 2/2006 del 3 de mayo de Educación. Boletín Oficial del Estado, 4 de maio de 2006.
- Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) (2007). Real Decreto 1631/2006 por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 5 de xaneiro de 2007.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD)(2001). Real Decreto 3473/2000, de 29 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1007/1991, de 14 de junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 16 de xaneiro de 2001.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD) (2003). Real Decreto 831/2003 por el que se establece la ordenación general y las enseñanzas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 3 de xullo de 2003.
- Mortimer, E. F., & de Araújo, A. (2013). Using productive disciplinary engagement and epistemic practices to evaluate a traditional Brazilian high school chemistry classroom. *International Journal of Educational Research*, DOI 10.1010/j.ijer.2013.07.004
- Narayan, R. (2010). A comparative study of verbal discourse practices in traditional and inquiry-based undergraduate biology labs for non-science majors. *Educational Research and Review*, 5(10), 604-617.

- National Research Council (NRC) (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (NRC) (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (NRC) (2012). *A framework for K12 Science Education: practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington DC: National Academy Press.
- Neilson, D., Campbell, T., & Allred, B. (2010). Model-based-inquiry: a Bouyant Force Module for High School Physics Classes. *Science Teacher*, 77(8), 38-43.
- Nersessian, N. J. (1992). Constructing and instructing: The role of “abstraction techniques” in creating and learning physics. In R. Duschl & R. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive science, and educational theory and practice*. New Jersey: SUNY Press.
- Nersessian, N. J. (2007). Mental Modeling in Conceptual Change. En S. Vosniadou (Ed.). *International Handbook of Conceptual Change*. London: Routledge, pp. 391-416.
- Next Generation Science Standards (NGSS). (2013). Washington, DC: The National Accademies Press.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2001a). *Defining and Selecting Key Competencies*. Paris: OECD.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2001b). *Knowledge and Skills for Life. First Results from PISA 2000*. Paris: OECD.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2004). *PISA Learning for Tomorrow's world: First Results form PISA 2003*. Paris: Autor.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2005). *The definition and selection of key competencies*. Paris: Autor.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: Autor.

- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2007). PISA 2006. Science competencies for tomorrow's world. Volume 1. Paris: Autor.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2013). PISA 2015 Draft Science Framework. OECD
- Osborne, J. (2011). Science teaching methods: a rationale for practices. *School Science Review*, 93(343).
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: The Nuffield Foundation.
- Ozdem, Y., Ertepinar, H., Cakiroglu, J., & Erduran, S. (2011). The nature of pre-service science teachers' argumentation in inquiry-oriented laboratory context, *International Journal of Science Education*. Online first DOI:10.1080/09500693.2011.611835
- Palincsar, A. & Brown, A. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117–175.
- Pedrinaci, E. (coord). La noción de competencia científica proporciona criterios para seleccionar, enseñar y evaluar los conocimientos básicos. *En 11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Pérez Gómez, A. I. (2007). La naturaleza de las competencias básicas y sus aplicaciones pedagógicas. *Cuaderno de Educación de Cantabria*. Cantabria: Consejería de Educación de Cantabria.
- Perrenoud, P. (1997). *Construire des compétences dès l'école. Pratiques et enjeux pédagogiques*. Paris: ESF Éditeur.
- Perrenoud, P. (2012). *Cuando la escuela pretende preparar para la vida: ¿desarrollar competencias o enseñar otros saberes?* Barcelona: Graó.
- Pickering, A. (Ed.) (1992). *Science as practice and culture*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Pickering, M., & Monts, D. L. (1982). How students reconcile discordant data: A study of lab report discussions. *Journal of Chemical Education*, 59, 794–796.
- Pontecorvo, C., & Girardet, H. (1993). Arguing and Reasoning in Understanding Historical Topics. *Cognition and Instruction*, 11(3&4), 365-395.

- Posner, G. J. Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Pluta, W. J., Chinn, C. A., & Duncan, R. (2011). Learners' epistemic criteria for good scientific models. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (5), 486-511.
- Puig, B. (2013). O desempeño da competencia de uso de probas sobre a expresión dos xenes en secundaria. Tese de doutoramento. Universidade de Santiago de Compostela, España.
- Puig, B. & Jiménez Aleixandre, M. P. (2011). Different music to the same score: Teaching about genes, environment and human performances. In: T. D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research* (pp. 201-239). Dordrecht: Springer.
- Puntambekar, S., & Kolodoner, J. K. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: helping students learn science from design. *Journal of research in science teaching*, 42(2), 185-271.
- Quintana, C., Eng, J., Carra, A., Wu, H-K., & Soloway, E. (1999). Symphony: A Case Study in Extending Learner-Centered Design Through Process Space Analysis. *Proceedings of CHI 99 Conference on Human Factors in Computing System* (pp. 473-480). Reading: Addison-Wesley.
- Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., Kyza, E., Edelson, D., & Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 337-386.
- Reigosa, C. & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2007). Scaffolded problem-solving in the physics and chemistry laboratory: Difficulties hindering students' assumptions of responsibility. *International Journal of Science Education*, 29(3), 307-329.
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding Complex Learning: The Mechanisms of Structuring and Problematizing Student Work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304.

- Reiser, B. J., Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Steinmuller, F., & Leone, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. In S. M. Carver, & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 263 – 305). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Reiser, B. J., Berland, L. K., & Kenyon, L. (2012). Engaging Students in Scientific Practices of Explanation and Argumentation. *Science and Children*, 49(8), 8-13.
- Richmond, G., Striley, J. (1996). Making meaning in the classroom: social process in small-group discourse and scientific knowledge building. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8), 839-858.
- Rutherford, F. J. (1964). The Role of Inquiry in Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 80-84.
- Ryder, J. & Leach, J. (2008). Teaching about the Epistemology of Science in Upper Secondary Schools: An Analysis of Teachers' Classroom Talk. *Science & Education*, 17, 289-315.
- Ryu, S., & Sandoval, W. A. (2012). Improvements to Elementary Children's Epistemic Understanding From Sustained Argumentation. *Science Education*, 96, 488-526.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89, 634-656.
- Sandoval, W. A. & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations, *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.
- Sandoval, W. A., & Morrison, K. (2003). High School Students' Ideas about Theories and Theory Change after a Biological Inquiry Unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 369-392.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345-372.

- Sandoval, W. A. & Çam, A. (2011). Elementary children's judgments of the epistemic status of sources of justification. *Science Education*, 95(3), 383-408.
- Sanmartí, N., & Márquez, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 27-36.
- Sawyer, K. R. (2006) (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning. *Research in Science Teaching*, 36, 111-139.
- Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as inquiry. En J.J. Schwab and P.F. Brandwein (Eds.). *The teaching of science*, pp.1-103, Massachussets: Harvard University Press.
- Shepardson, D. P. & Moje, E. B. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuits. *International Journal of Science Education*, 21(1), 77-94.
- Snape, D. & Spencer, L. (2003). The foundations of qualitative research. In J. Ritchie & J. Lewis (eds.). *Qualitative research practice. A guide for social science students and researchers*. London: Sage publications.
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks: Sage Publications
- Somekh, B., Burman, E., Delamont, S., Meyer, J., Payne, M., Thorpe, R. (2011). Research in social sciences. En B. Somekh (Ed.) and C. Lewin (Ed.). *Theory and Methods in social research*, Segunda Edición. London: Sage Publications, Ltd.
- Stone, C. A. (1998). The metaphor of scaffolding: Its utility for the field of learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 31, 344-364.
- Strauss, A. & Corbin, J. (1994). Grounded Theory Methodology. En N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of Qualitative Research* (pp. 273-285). Thousand Oaks: Sage Publications.

- Swanborn, P. G. (2010). *Case study research: what, why and how?* California: Sage Publications.
- Toplis, R. (2007). Evaluating science investigations at ages 14-16: dealing with anomalous results. *International Journal of Science Education*, 29 (2), 127-150.
- Van de Pol, J., Volman, M. & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22(3), 271-296.
- Van der Valk, T., & De Jong, O. (2009). Scaffolding Teachers in Open-Inquiry Teaching. *International Journal of Science Education*, 31(6), 829-850.
- Velayutham, S., Aldridge, J. & Fraser, B. (2011). Development and Validation of an Instrument to Measure Students' Motivation and Self-Regulation in Science Learning. *International Journal of Science Education*, 33(15), 2159-2179.
- Vygotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica, D. L.
- Wertsch, J.V. (1985). *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wickman, P-O. (2004). The practical epistemologies of the classroom: A study of laboratory work. *Science Education*, 88, 325-344.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in Science Teacher Education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87, 112-143.
- Xunta de Galicia (2007). Decreto 133/2007, do 5 Xullo, polo que se regulan as ensinanzas da educación secundaria obrigatoria na Comunidade Autónoma de Galicia. Diario Oficial de Galicia, 136.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research. Design and methods* (3ª Edición). California: Sage Publications.
- Zimmerman, B. (1998). Academic Studying and the Development of Personal Skill: A Self-Regulatory Perspective. *Educational Psychologist*, 33(2/3), 73-86.

- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99 – 149.
- Zohar, A., & Ben-David, A. (2009). Paving a clear path in a thick forest: A conceptual analysis of a metacognitive component. *Metacognition and Learning*, 4(3), 177 – 195.





ANEXOS



ANEXO 1

TAREFA ESTUDO PILOTO

Como evitar que escurezan as mazás cortadas?

Freshfruit é unha empresa que ten o proxecto de vender bolsas de froita cortada (por exemplo mazás) nas cafeterías dos institutos, como alternativa á bojería industrial, e deste xeito fomentar hábitos alimenticios saudables. O problema é que ao cortar a froita para envasala esta cambia de cor. Isto causaría dificultades para vendela, xa que a xente a rexeitaría polo seu mal aspecto.

1. Que se podería facer para conseguir que a froita se manteña co mesmo aspecto que ten a froita recién cortada?

Ten en conta que para resolver este problema podes utilizar:

* Os coñecementos científicos ou da experiencia cotiá sobre as reaccións químicas e os seres vivos, que permiten explicar o cambio de cor das froitas despois de cortadas.

* Os recursos materiais similares aos que tiñan na empresa Freshfruit. Indícase o pH das sustancias.

Mazás: pH= 3,2

Zume de laranxa: pH= 4

Auga do grifo: pH= 7

Zume de limón: pH = 2,3

Vinagre: pH= 3, contén: ácido acético e auga

Sal

Bicarbonato de sodio: pH= 8,4, efecto antiácido

Azucre

Film de embalar alimentos

Outro material que pensedes que é necesario

- Ademais, para resolver o problema, tedes que elaborar un deseño experimental, para contrastar as vosas hipóteses.

- Cando cheguedes a unha proposta de solución, tedes que xustificala.

2. Na situación real dunha empresa que ten este problema poderíanse empregar outros métodos. Se se che ocorre algún deles, explicao.

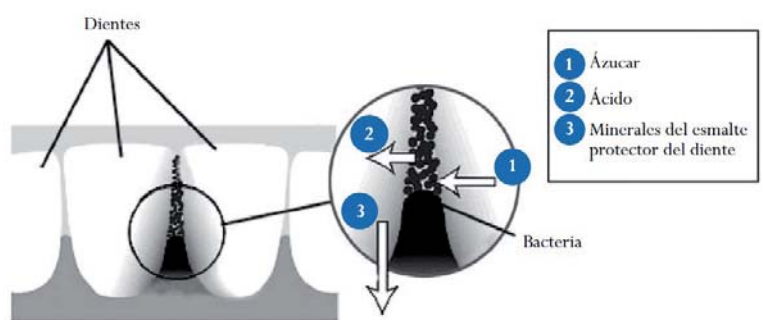
ANEXO 2

TAREFAS DO ESTUDO LONXITUDINAL

Proba inicial: A caries dental

Las bacterias que viven en nuestros dientes causan la caries dental. La caries ha sido un problema desde el siglo XVIII, cuando el azúcar se volvió un producto accesible debido a la expansión de la industria de la caña de azúcar. Hoy sabemos mucho sobre la caries dental. Por ejemplo:

- Que la bacteria que causa la caries se alimenta de azúcar.
- Que el azúcar se transforma en ácido.
- Que el ácido daña la superficie de los dientes.
- Que cepillar los dientes ayuda a prevenir la caries.



Pregunta 1

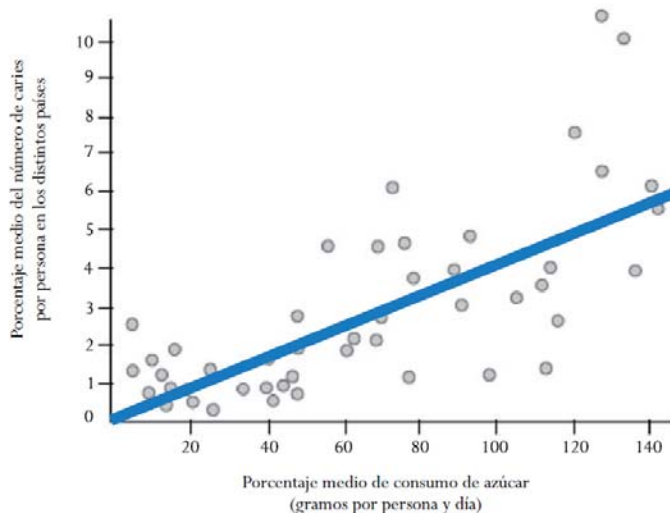
¿Cuál es el papel de las bacterias en la caries dental?

- A) Las bacterias producen el esmalte.
- B) Las bacterias producen azúcar.
- C) Las bacterias producen minerales.
- D) Las bacterias producen ácido.

Justifica tu respuesta.

Pregunta 2

La siguiente gráfica muestra el consumo de azúcar y la incidencia de la caries dental en diferentes países. Cada país está representado por un punto en la gráfica.



¿Cuál de las siguientes afirmaciones se sustenta en la información de la gráfica?

- A) *En algunos países, la gente se cepilla los dientes con más frecuencia que en otros países.*
 - B) *Cuanto más azúcar consume la gente, es más probable que desarrolle caries dental.*
 - C) *En los años recientes, la incidencia de la caries se ha incrementado en muchos países.*
 - D) *En los años recientes, el consumo de azúcar se ha incrementado en muchos países.*
- Explícalo.

Pregunta 3

Un país tiene un alto índice de caries por persona. ¿Pueden ser respondidas por medio de experimentos científicos las siguientes preguntas sobre la caries dental en ese país?

- A) *¿Qué efecto tendría en la caries dental introducir flúor en el suministro de agua potable?*
- B) *¿Cuánto debería costar una visita al dentista?*

Justifica tu respuesta.

Tarefa 1: Que pasta de dentes é menos efectiva contra a caries?

As caries son un problema habitual entre os adolescentes. Prodúcese debido ao medio ácido que as bacterias crean na boca despois de comer certos alimentos que conteñen azucres. Esa acidez provoca a disolución de certos compostos (carbonatos) nos dentes debilitándoos. Para evitalo os dentistas recomendan lavar os dentes con pastas ricas en fluoruro de sodio (NaF), que retarda a reacción de disolución dos carbonatos, é dicir a aparición de caries.

Realizouse unha campaña de prevención das caries nas escolas na cal se regalaban tubos de pasta de dentes (x e y). Pasado un tempo encontrouse que algúns destes rapaces tiñan máis caries que o resto a pesar de utilizar unha das pastas. Para evitar que aparezan máis casos é necesario averiguar cal das pastas de dentes é a que non funciona ben e así retirala do mercado.

Primeira parte: deseño do experimento

Deseña un experimento que permita comprobar qué pasta é a menos efectiva. Para isto dispós de anacos de cunchas de ameixas (ricas en carbonato de calcio) como simulador dos dentes e ácido clorhídrico para simular o ambiente que se crea na boca despois das comidas.

Para realizar o deseño pode axudarte ter en conta que:

a) A disolución dos carbonatos é unha reacción química e lévase a cabo sempre con desprendemento de gas (dióxido de carbono). **Canto menos efectiva sexa a pasta máis rápido é o desprendemento de gas.**

b) Dado que a mostra (anacos de cunchas) é sólida e o medio é líquido (ácido clorhídrico) debes decidir cómo medir cada cousa e cómo facer que as dúas substancias reaccionen. **Ademais tes que decidir a cantidade de mostra de cuncha (en gramos) e ácido (en mililitros) que ides utilizar tendo en conta que un dente pesa aproximadamente 0,5 gramos.** Xustifica a túa decisión.

c) **Tendo en conta que se vai desprender gas, tes que decidir e xustificar cal é a forma máis efectiva para medir a produción de gas.** Por exemplo: observar a efervescencia que se produce ao facer reaccionar as dúas substancias, medir a efervescencia que provoca a produción de gas cunha probeta invertida nunha disolución de auga, medir o tempo que tarda en levantarse un globo colocado no tubo onde se produce a reacción, ou outras opcións que se vos ocorran.

d) **Tes que establecer cómo vas a obter os datos que te permitan tomar a decisión.**

Tamén pode axudarte no deseño decidir: que considerarías como proba de que unha pasta non funciona, ou que criterios te permitirán establecer diferenzas entre as pastas.

Segunda parte: posta en práctica do experimento deseñado

1. Pon en práctica o deseño do experimento discutido na aula utilizando os criterios acordados.
2. Despois de realizar o experimento no laboratorio explica por escrito os resultados que obtiveches e como chegaches a eles.
3. A partir dos resultados indica cal é a pasta que non protexe contra a caries e por qué. ¿En qué probas te baseas?



Tarefa 2: O pedido roto

Como responsables do laboratorio escolar realizáchedes o seguinte pedido a unha empresa de produtos químicos:

- Cloruro de sodio (NaCl)
- Sacarosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)
- Xofre en po (S_8)
- Ferro en po (Fe)
- Grafito en po (C)

Ao recibir o pedido, tres dos cinco recipientes estaban rotos e as substancias mesturadas entre si. Ademais as etiquetas de cada recipiente estaban borradas, co cal non sabedes cal pertence a cada substancia.

En resumo, tedes:

- a) Un recipiente con unha substancia granulada de aspecto branco
- b) Un recipiente con unha substancia en pó de cor gris escuro
- c) Unha mestura con partes brancas, amarelas e grises

Para poder recuperar o pedido que fixéchedes tedes que utilizar os vosos coñecementos sobre as propiedades das substancias para separalas e identificalas no laboratorio.

Para levar a cabo a tarefa dispoñedes do seguinte dato:

Entre as cinco substancias hai un metal, unha substancia formada por ions, dúas formadas por moléculas e outra formada por átomos en rede.

Tedes que utilizar tamén estes coñecementos de química:

A. Solubilidade

- a) *Moitas disolucións das substancias formadas por ións son solubles en auga.*
- b) *As substancias formadas por moléculas son solubles en auga en certos casos, por exemplo cando teñen moitos átomos de osíxeno que permiten unións coas moléculas de auga.*
- c) *Os metais son insolubles en calquera disolvente, agás en mercurio (Hg).*

B. Condutividade

- a) *As substancias formadas por ións conducen a electricidade cando están disoltas en auga.*
- b) *A maioría das substancias formadas por moléculas non conducen a electricidade.*
- c) *Os metais conducen a electricidade.*
- c) *Outras substancias non metálicas tamén conducen a electricidade.*

C. Propiedades magnéticas

- a) *Algúns metais teñen propiedades magnéticas.*

Para resolver a actividade tedes que:

- 1) Clasificar as substancias da lista do pedido nos grupo descritos (substancias iónicas, moleculares, metálicas ou redes de átomos).
- 2) Deseñar os procesos que permitan identificar e separar cada substancia. Explicade por escrito como ides: a) identificar e b) separar cada substancia
- 3) Poner en práctica o deseño elaborado

- 4) Indicar que datos vos permiten identificar cada substancia e xustificar en que coñecementos vos baseades.
- 5) Por que algunhas propiedades observables (por exemplo a cor) non son suficientes para resolver o problema.



Tarefa 3: Contaminación industrial

Como responsables del laboratorio de análisis químicos del ayuntamiento tenéis que analizar unas muestras de agua procedente del río de la zona, debido a una denuncia de posible contaminación producida por alguna de las fábricas situadas en el polígono industrial por el que pasa el río.

Entre las fábricas que operan en el polígono se encuentran:

Pirotecnia Estelar

Expertos en la fabricación de bombas de palenque y fuegos de artificio. Utilizamos carbón vegetal y compuestos de azufre.

Salazones Martínez

Salazón casera de bacalao. Utilizamos sal marina de alta calidad.

Repostería La Rica

Fabricamos dulces artesanos. No utilizamos aditivos, sólo harina, agua, azúcar y manteca.

Mármoles Pancho

Las mejores encimeras de la zona, especialistas en granito y mármol. Utilizamos técnicas de

Para solucionar el problema debéis encontrar la fábrica o fábricas responsables del vertido, teniendo en cuenta que el agua del río sólo debe “tener” agua y que cualquier sustancia distinta se considera contaminante.

Recordad que:

Algunas sustancias contaminantes pueden estar disueltas, en estado sólido o en suspensión.

Algunas sustancias con enlace iónico son solubles en agua.

Las sustancias con enlace covalente son solubles en agua en ciertos casos, por ejemplo cuando tienen muchos átomos de oxígeno que permiten la unión con las moléculas de agua.

Las sustancias covalentes apolares son solubles en disolventes apolares como el sulfuro de carbono (CS_2).

Las sustancias con enlace iónico conducen la electricidad cuando están disueltas en agua.

La mayoría de las sustancias con enlace covalente no conducen la electricidad.

El granito no se deteriora en presencia de ácidos, mientras que el mármol sí.

Los azúcares dan una coloración roja al agua cuando se añade una sustancia denominada reactivo de Fehling.

Base de Orientación para la resolución de la actividad (Individual)

1. Lee de forma comprensiva la actividad y anota las dudas que te surjan
2. Elabora una lista con los datos que se proporcionan en el guión y que consideras necesarios para resolver la actividad
3. Identifica y escribe el objetivo de la tarea
4. Identifica los posibles contaminantes que pueden estar presentes en la muestra de agua
5. Identifica en que condiciones se pueden presentar cada uno de ellos en el agua (sólido, disuelto o en suspensión)
6. Indica si necesitas información a mayores para resolver la actividad y cuál

Hoja De Respuestas (Grupal)

1. Discutid y elaborad un diseño con los procesos necesarios para separar e identificar los contaminantes de la muestra de agua

2. Poned en práctica el diseño elaborado y anotad los pasos que vais dando en la puesta en práctica

3. ¿Cuál o cuáles son los sospechosos de la contaminación del agua?

4. ¿Qué pruebas os permiten identificar el o los sospechosos?

Tarefa 4: O residuo sorpresa

Al llegar al laboratorio de química habéis encontrado un vaso de precipitados con una disolución incolora encima de las mesas de trabajo. Estas muestras las dejaron olvidadas los alumnos de 3º de ESO que estuvieron aprendiendo a preparar disoluciones en la hora anterior. Durante dicha sesión utilizaron diferentes sustancias y algunas pueden ser perjudiciales para el medioambiente, por lo que no se pueden tirar directamente por el fregadero, sino que debemos seguir un proceso de eliminación adecuado. Este proceso consiste en almacenar el contenido del vaso en uno de los bidones de residuos disponibles en el laboratorio, para ser transportado y procesado en las plantas de eliminación de residuos correspondientes. Los bidones están clasificados en: disolventes ácidos, disolventes básicos, disolventes halogenados (que contienen flúor, cloro, bromo o yodo y sus disoluciones son neutras) o disolventes con metales pesados.

Antes de vaciar el vaso en el bidón debéis averiguar de qué sustancia se trata pues si se echa en uno equivocado se contamina todo el bidón. Para ayudaros, se indica a continuación las sustancias utilizadas en la sesión anterior y algunas de sus características:

a) Sustancias: KI (yoduro de potasio), $\text{Al}(\text{OH})_3$ (hidróxido de aluminio), NaCl (cloruro de sodio), NaHCO_3 (hidrógeno carbonato de sodio), BaCl_2 (cloruro de bario) y HCl (ácido clorhídrico).

b) Características:

Sustancia	Propiedades	
	pH	Reactividad
KI	Neutro	Reacciona ácido sulfúrico dando lugar a un sólido de color blanco. $\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$ Cuando se añade nitrato de plata se produce un precipitado amarillo $\text{KI} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{AgI} \downarrow$
$\text{Al}(\text{OH})_3$	Básico	Reacciona con ácido clorhídrico dando lugar a un sólido de color blanco $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$
HCl	Ácido	Cuando se añade nitrato de plata se produce un precipitado blanco $\text{HCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{HNO}_3$
BaCl_2	Neutro	Reacciona con ácido sulfúrico dando lugar a un sólido de color blanco. El sólido formado se disuelve en etanol $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HCl}$
NaCl	Neutro	Reacciona con ácido sulfúrico dando lugar a un sólido blanco. $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \downarrow + 2\text{HCl}$ Cuando se añade nitrato de plata da lugar a un sólido de color blanco $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{NaNO}_3$
NaHCO_3	Básico	Reacciona ácido sulfúrico dando lugar a desprendimiento de gas $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

1. ¿Qué propiedades podéis utilizar para averiguar el tipo de sustancia?
2. Elaborad un diseño que permita averiguar de qué sustancia se trata, justificando cada paso
3. Poned en práctica el diseño y anotad los resultados que vais obteniendo en cada parte
4. ¿En qué bidón lo podemos almacenar? ¿Por qué?



Orientaciones para la resolución de la tarea (individual)

1. Lee de forma comprensiva la actividad y anota las dudas que te surjan
2. Elabora una lista con los datos que se proporcionan en el guión y que consideras necesarios para resolver la actividad
3. Identifica y escribe el objetivo de la tarea
4. Identifica las propiedades que pueden ayudarte a identificar la sustancia y porqué
5. Indica si necesitas información a mayores para resolver la actividad y cuál

Hoja De Respuestas (Grupal)

1. Discutid y elaborad un diseño con los procesos necesarios para identificar la disolución

2. Poned en práctica el diseño elaborado y anotad los pasos que vais dando en la puesta en práctica

3. ¿De qué sustancia se trata? ¿En qué pruebas te basas?

4. ¿En qué bidón lo podemos almacenar? ¿Por qué?

Tarefa 5: Quen escribiu o anónimo?

Al entrar en el laboratorio encontramos en el suelo una nota escrita con un rotulador que culpa a un compañero de copiar en el examen de Física y Química.

Álvaro copió Todo el examen por el de Rebeca

La hora anterior estuvieron los alumnos de 3º de ESO trabajando en el laboratorio. Para tratar de averiguar quien escribió la nota, el profesor requisa todos sus rotuladores y elabora la siguiente tabla de sospechosos:

Alumno	Rotulador		Tipo de letra
	Marca	Color	
Sandra	Carioca	Negro	<i>Curva</i>
Nacho	Staedler	Negro	Redondeada
Lidia	Edding	Negro	Redondeada
Roi	Bic	Azul	<i>De trazos ligados</i>
Rubén	Jovi	Negro	Redondeada
Lara	Pilot	Negro	Redondeada
Clara	Pentel	Rojo	Redondeada
Miguel	Staedler	Negro	<i>De trazos ligados</i>
Carlos	Pilot	Negro	<i>Curva</i>
Lois	Carioca	Azul	<i>De trazos ligados</i>

Una vez hecha la lista de sospechosos, el profesor utiliza los conocimientos de química para identificar el rotulador utilizado. Para ello emplea la *cromatografía en papel*, que es una técnica que permite obtener una imagen detallada de los componentes de la tinta utilizada por el culpable y de esta forma reducir candidatos. En esta técnica se coloca una tira de papel con la muestra en un vaso con un disolvente. **Algunos componentes de la tinta son sustancias polares, cuanto más polar sea el disolvente más rápido desplaza la tinta por la tira de papel y la separación de componentes se ve peor. Por el contrario, utilizando un disolvente muy apolar, los componentes de la tinta no se separan bien.**

El resultado obtenido por el profesor al sumergir un trocito del anónimo en un disolvente fue el siguiente:



Para ayudar a vuestro profesor a encontrar el autor de la nota:

1. Decidid que disolvente sería el más adecuado para observar mejor los componentes de la tinta: a) hexano, b) etanol, c) agua, d) mezcla hexano-etanol (50%), e) mezcla hexano-agua (50%), f) mezcla etanol-agua (50%)
2. Elaborad un diseño experimental que permita identificar al sospechoso/s utilizando esta técnica.
3. Anotad los pasos que vais dando para identificar al sospecho o sospechoso/s
4. ¿A qué conclusiones llegáis? Debéis identificarlas



Orientaciones para la resolución de la tarea (individual)

1. Lee con atención el guión de la actividad y anota todas las dudas que te surjan.
¿Hay algo que no entiendas?
2. Elabora una lista con los datos que se proporcionan en el guión. ¿Necesitas más datos para resolver la actividad? ¿Cuáles?
3. Identifica el objetivo u objetivos de la tarea y escríbelo(s)
4. Identifica qué propiedades de las sustancias implicadas pueden ayudarte a identificar el rotulador sospechoso y explica por qué son de ayuda.
5. Indica si necesitas otras informaciones adicionales para resolver la actividad y cuáles

Diseño experimental en grupos

1. Decidid qué disolvente vais a utilizar para la cromatografía de la tinta y justificad vuestra decisión

2. Discutid y elaborad un diseño con los procesos necesarios para resolver el problema

3. Poned en práctica el diseño elaborado y anotad los pasos que vais dando en la puesta en práctica

4. ¿A qué conclusión(es) llegáis? Justificad en qué pruebas os basáis para llegar a ella(s)

ANEXO 3

TAREFAS DA PROBA DE AVALIACIÓN

Actividade 1: As moscas (ítems 1 e 2)

Un granjero estaba trabajando con vacas lecheras en una explotación agropecuaria experimental. La población de moscas en el establo donde vivía el ganado era tan grande que estaba afectando a la salud de los animales. Así que el granjero roció el establo y el ganado con una solución de insecticida A. El insecticida mató a casi todas las moscas. Sin embargo, algún tiempo después el número de moscas volvió a ser grande. El granjero roció de nuevo el establo y el ganado con el insecticida. El resultado fue similar a lo ocurrido la primera. La mayoría de las moscas murieron, pero no todas. De nuevo, en un corto período de tiempo, la población de moscas aumentó y fue rociada otra vez con el insecticida. Esta secuencia de sucesos se repitió cinco veces: entonces fue evidente que el insecticida A era cada vez menos efectivo para matar las moscas. El granjero observó que se había preparado una gran cantidad de la solución del insecticida y se había utilizado en todas las rociadas. Por eso, pensó en la posibilidad de que la solución de insecticida se hubiera descompuesto con el tiempo.

Fuente: Teaching About Evolution and the Nature of Science. National Academy Press, Washington, DC, 1998, p. 75

1) La suposición del granjero es que el insecticida se descompone con el tiempo. Explica brevemente cómo se podría comprobar esta suposición.

2) La suposición del granjero es que el insecticida se descompone con el tiempo. Da dos explicaciones alternativas de por qué «el insecticida A es cada vez menos efectivo»:

Explicación 1: _____

Explicación 2: _____

Actividad 2: Os protectores solares (ítems 3 a 6)

Milagros y Daniel quieren saber qué protector solar les proporciona la mejor protección

para la piel. Los protectores solares llevan un *factor de protección solar (FPS)* que indica hasta qué punto el producto absorbe las radiaciones ultravioleta de la luz solar. Un protector solar con un FPS alto protege la piel durante más tiempo que un protector solar con un FPS bajo.

A Milagros se le ocurrió una forma de comparar diferentes protectores solares. Daniel

y ella reunieron los siguientes materiales:

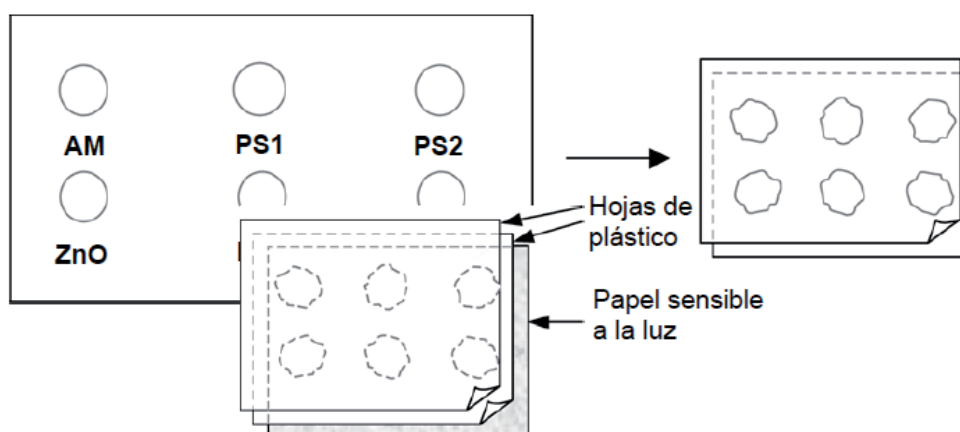
- dos hojas de un plástico transparente que no absorbe la luz solar
- una hoja de papel sensible a la luz
- aceite mineral (AM) y una crema con óxido de zinc (ZnO)
- cuatro protectores solares diferentes, a los que llamaron PS1, PS2, PS3, y PS4

Milagros y Daniel utilizaron aceite mineral porque deja pasar la mayor parte de la luz solar, y el óxido de zinc porque bloquea casi completamente la luz del sol.

Daniel puso una gota de cada sustancia dentro de unos círculos marcados en una de las láminas de plástico y después colocó la otra lámina encima. Colocó luego sobre las

láminas de plástico un libro grande para presionarlas.

A continuación, Milagros puso las láminas de plástico encima de la hoja de papel sensible a la luz. El papel sensible a la luz cambia de gris oscuro a blanco (o gris muy claro), en función del tiempo que esté expuesto a la luz solar. Por último, Daniel puso las hojas en un lugar soleado.



1. De las afirmaciones siguientes, ¿cuál es una descripción científica de la función que cumplen el aceite mineral y el óxido de zinc al comparar la efectividad de los protectores solares?

- A - El aceite mineral y el óxido de zinc son los dos factores que se están estudiando.
 B - El aceite mineral es un factor que está siendo estudiado, y el óxido de zinc es una sustancia de referencia.
 C - El aceite mineral es una sustancia de referencia y el óxido de zinc es el factor que se está estudiado.
 D - El aceite mineral y el óxido de zinc son las dos sustancias de referencia.

Justifica tu respuesta

2. ¿Cuál de las siguientes preguntas trataban de responder Milagros y Daniel?

- A-¿Qué protección proporciona cada protector solar en comparación con los otros?
 B-¿Cómo protegen la piel de la radiación ultravioleta los protectores solares?
 C-¿Hay algún protector solar que proteja menos que el aceite mineral?
 D-¿Hay algún protector solar que proteja más que el óxido de zinc?

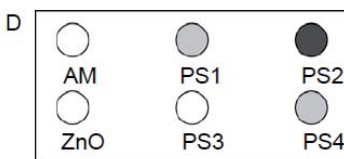
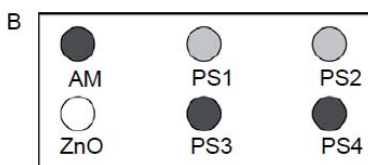
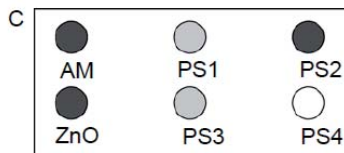
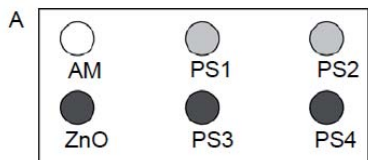
Justifica tu respuesta

3. ¿Por qué presionaron la segunda hoja de plástico?

- A-Para impedir que las gotas se secaran.
 B-Para extender las gotas lo más rápidamente posible.
 C-Para mantener las gotas en el interior de los círculos.
 D-Para que las gotas fueran del mismo grosor.

Justifica tu respuesta

4. El papel sensible a la luz es gris oscuro y cambia a gris claro cuando se expone a un poco de luz, y, a blanco cuando se expone a mucha luz. ¿Cuál de estas figuras representa un resultado que podría ocurrir? Explica tu elección.



ANEXO 4

PERMISOS UTILIZADOS NA TOMA DE DATOS

1. Modelo de carta ao director do centro educativo

Estimado compañeiro

Desde o Departamento de Didáctica das Ciencias da Universidade de Santiago de Compostela diríxome a vostede para solicitar a colaboración do centro que vostede dirixe na realización dunha tese de doutoramento enmarcada nun proxecto de investigación sobre a aprendizaxe das ciencias nas condicións reais de aula.

En concreto proxectamos, neste curso 2011-2012, coa colaboración do profesor do seu centro ----- para levar adiante unha experiencia na súa aula de 3ºda ESO sobre a articulación do coñecemento químico e uso de probas no laboratorio. Esta actividade terá unha duración de 2 sesións de 50 minutos e desenvolverase a partir de xaneiro.

Solicitamos autorización para que D^a. Beatriz Crujeiras Pérez, Licenciada en Química e alumna do Programa de Doutoramento deste Departamento asista e participe nas sesións de aula do profesor ----- realizando gravacións en audio e vídeo destas para a súa posterior análise. O alumnado terá a oportunidade de traballar con material elaborado neste departamento.

En todo caso respectarase a intimidade do alumnado e nas publicacións derivadas deste estudo serán sempre identificados/as con pseudónimos.

Adxuntamos carta aos pais e nais.

Agradecemos de antemán a súa colaboración que redundará nunha mellora dos coñecementos sobre a aprendizaxe das ciencias.

Compostela a 15 de Novembro de 2011



María Pilar Jiménez Aleixandre

Catedrática de Didáctica das Ciencias Experimentais
da Universidade de Santiago de Compostela

2. Modelo de carta aos pais do alumnado

Estimadas señoras / estimados señores

Desde o Departamento de Didáctica das Ciencias da Universidade de Santiago de Compostela diríxome a vostedes para solicitar a colaboración do seu fillo ou filla nun traballo de investigación que estamos levando a cabo sobre a aprendizaxe das ciencias en Secundaria. En concreto proxectamos, neste curso 2011-2012, coa colaboración do profesor do seu centro -----, levar adiante unha experiencia na súa aula de 3º da ESO, sobre a aprendizaxe da química no laboratorio. Esta actividade terá unha duración de 2 sesións de 50 minutos e desenvolverase a partir de xaneiro.

Solicitamos autorización para que D^a. Beatriz Crujeiras Pérez, Licenciada en Química e alumna do Programa de Doutoramento deste Departamento asista e participe nas sesións de aula do profesor ----- realizando gravacións en audio e vídeo destas para a súa posterior análise. O alumnado terá a oportunidade de traballar con material elaborado neste departamento.

En todo caso respectarase a intimidade do alumnado e nas publicacións derivadas deste estudo serán sempre identificados/as con seudónimos.

Pregámoslle que devolva asinado este escrito, significándolle que é precisa a participación de **todos os alumnos e alumnas** para que a investigación poida levarse a cabo.

Agradecemos de antemán a súa colaboración que redundará nunha mellora dos coñecementos sobre a aprendizaxe das ciencias.

Compostela a 15 de Novembro de 2011



María Pilar Jiménez Aleixandre
Catedrática de Didáctica das Ciencias Experimentais
da Universidade de Santiago de Compostela

CUBRIR E ASINAR ESTA AUTORIZACIÓN

Autorizo ao meu fillo / á miña filla.....

A participar no estudo sobre a articulación do coñecemento químico e uso de probas no laboratorio, na aula de 3º de ESO, en colaboración co departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais da USC, no centro.....

Asinado

